

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO

UM MODELO PARA ESPECIFICAÇÃO FORMAL DE
APRESENTAÇÕES MULTIMÍDIA INTERATIVAS

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa
Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do
grau de Mestre em Ciência da Computação.

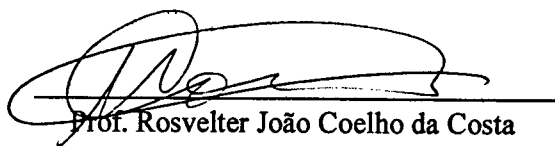
ALESSANDRA MONTEIRO DE CASTRO PORTO

Florianópolis, Julho de 1999

UM MODELO PARA ESPECIFICAÇÃO FORMAL DE APRESENTAÇÕES MULTIMÍDIA INTERATIVAS

Alessandra Monteiro de Castro Porto

‘Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Ciência da Computação, Área de Concentração *Sistemas de Computação*, e aprovada em sua forma final pelo Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Catarina’.

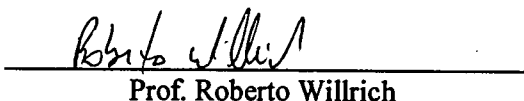
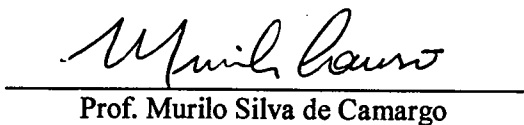
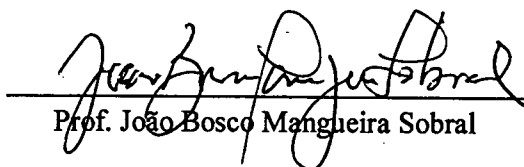
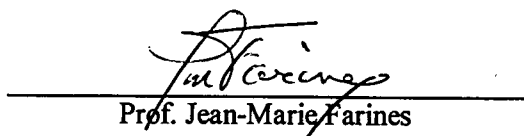


Orientador



Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Banca Examinadora:



Para meus pais, com amor.

AGRADECIMENTOS

Ao curso de pós-graduação em Ciência da Computação e a Universidade Federal de Santa Catarina pela infra-estrutura e organização que viabilizaram o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Jean-Marie Farines, João Bosco Manguiera Sobral, Murilo Silva de Camargo, Roberto Willrich e Rosvelter Coelho da Costa, por terem julgado este trabalho.

Ao Prof. Roberto Willrich pela atenção despendida em várias discussões sobre sistemas multimídia.

Ao projeto DAMD (*Design de Aplicações Multimídia Distribuídas*) na pessoa do coordenador local Prof. Jean-Marie Farines de onde surgiram as primeiras idéias para esta dissertação.

Ao meu orientador, Prof. Rosvelter Coelho da Costa, pela dedicação e pelos valiosos ensinamentos.

À professora Maria Marta Leite e às amigas Ana, Adja, Cristiane, Fabiane, Joyce, Laura, Letícia e Renata pelo apoio e companheirismo.

Aos meus pais Álvaro e Anita, minhas irmãs Daniela e Bárbara e minha afilhada Júlia, pelo incentivo e carinho.

Agradeço especialmente ao meu noivo Günther, pela compreensão, paciência e amor que me ajudaram nos momentos mais difíceis.

RESUMO

Técnicas formais são frequentemente utilizadas na concepção de aplicações multimídia interativas a fim de garantir que a apresentação concebida terá o comportamento desejado. É neste intuito que este trabalho propõe um novo modelo de descrição formal do comportamento de apresentações multimídia interativas.

O modelo proposto, baseado em redes contextuais, permite a descrição do comportamento concorrente, da sincronização de mídia e da interação do usuário. As restrições temporais são introduzidas no modelo a partir de um mecanismo de registro do tempo acionado pelo disparo de transições. O modelo resultante foi chamado de *redes contextuais temporizadas*. Uma série de exemplos ilustram a utilização do modelo para descrição do comportamento de apresentações multimídia interativas.

Uma ferramenta para edição e simulação de redes contextuais temporizadas foi desenvolvida. A simulação baseia-se no sistema de transição temporizado que é associado à semântica operacional proposta para as redes contextuais temporizadas.

ABSTRACT

Formal techniques are frequently used in the design of interactive multimedia presentations in order to guarantee that the conceived presentation will have the desired behavior. In this sense, the work presented in this dissertation proposes a new model of formal description of the behavior for the interactive multimedia presentations.

The proposed model, based on contextual nets, allows the description of the concurrent behavior, the media synchronization and the user's interaction. Time constraints are introduced in the model via a time recording mechanism which is triggered over the transitions firing. The resulting model was called timed contextual nets. Several examples illustrate the use of the model for the description of the behavior of the interactive multimedia presentations.

A tool for edition and simulation of timed contextual networks was developed. The simulation is based on the timed transition system associated with the operational semantics proposed for the timed contextual nets.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IX
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. APRESENTAÇÕES MULTIMÍDIA INTERATIVAS	3
2.1 SISTEMAS MULTIMÍDIA.....	4
2.2 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS APRESENTAÇÕES MULTIMÍDIA INTERATIVAS	7
2.3 SINCRONIZAÇÃO MULTIMÍDIA	8
2.4 DOIS MODELOS PARA ESPECIFICAÇÃO FORMAL DE APRESENTAÇÕES MULTIMÍDIA ..	12
2.4.1 HTSPN.....	12
2.4.2 RT-LOTOS <i>Multimídia</i>	14
2.5 CONCLUSÕES	18
3. REDES CONTEXTUAIS TEMPORIZADAS	20
3.1 INTRODUÇÃO	21
3.2 REDES CONTEXTUAIS	23
3.3 REPRESENTANDO RESTRIÇÕES TEMPORAIS.....	30
3.3.1 <i>Sistemas temporizados [14]</i>	30
3.3.2 <i>Definindo restrições temporais</i>	31
3.4 CONCLUSÕES	41
4. FERRAMENTA PARA EDIÇÃO E SIMULAÇÃO.....	42
4.1 INTRODUÇÃO	43
4.2 EDITOR GRÁFICO	43
4.3 SIMULADOR.....	47
4.4 SOBRE A REALIZAÇÃO	54
4.5 CONCLUSÕES	56
5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: TIPOS DE RELAÇÕES TEMPORAIS ENTRE DOIS OBJETOS DE MÍDIA.....	11
FIGURA 2: EXEMPLO DE SINCRONIZAÇÃO DE MÍDIA.....	11
FIGURA 3: REPRESENTAÇÃO HTSPN PARA O EXEMPLO DA FIGURA 2.....	13
FIGURA 4: DIAGRAMA DA ESPECIFICAÇÃO VIA ÁLGEBRA DE PROCESSOS [5].....	16
FIGURA 5: EXEMPLO DA FIGURA 2 NO MODELO RT-LOTOS MULTIMÍDIA [5].	17
FIGURA 6: ALGUNS OBJETOS DE RESTRIÇÃO EM RT-LOTOS.....	18
FIGURA 7: REDE DE PETRI - C É HABILITADA APÓS O DISPARO DE A E B	21
FIGURA 8: AUTÔMATO CAUSAL: CAUSALIDADE AND.....	22
FIGURA 9: AUTÔMATO CAUSAL: CAUSALIDADE NOT.....	22
FIGURA 10: REDE DE PETRI CORRESPONDENTE AO AUTÔMATO CAUSAL DA FIGURA 9.....	22
FIGURA 11: REDE DE PETRI CONDIÇÃO/EVENTO.....	23
FIGURA 12: REDE DE PETRI CONDIÇÃO/EVENTO (SEM CONFLITO).....	24
FIGURA 13: REDE CONTEXTUAL.....	24
FIGURA 14: TRANSIÇÃO HABILITADA.....	26
FIGURA 15: MUDANÇA DE ESTADO.....	27
FIGURA 16: SITUAÇÕES BÁSICAS DE COMPORTAMENTO.....	28
FIGURA 17: CONFLITO.....	28
FIGURA 18: OPERAÇÃO DE DIVISÃO.....	29
FIGURA 19: UM EXEMPLO DE APRESENTAÇÃO MULTIMÍDIA INTERATIVA.....	29
FIGURA 20: MÁQUINA DE VENDAS.....	35
FIGURA 21: APRESENTAÇÃO MULTIMÍDIA COM RESTRIÇÕES TEMPORAIS.....	36

FIGURA 22: <i>TEXTO</i> É DISPARADO 1 UNIDADE DE TEMPO ANTES DE <i>IMAGEM1</i>	38
FIGURA 23: <i>TEXTO</i> É DISPARADO 2 UNIDADES DE TEMPO DEPOIS DE <i>IMAGEM1</i>	38
FIGURA 24: SISTEMA DE TRANSIÇÃO TEMPORIZADO DO EXEMPLO 4	39
FIGURA 25: EXEMPLO DA FIGURA 2 DO CAPÍTULO 2	40
FIGURA 26: EDITOR GRÁFICO DO MODELO PROPOSTO	44
FIGURA 27: AVISO DE ERRO	45
FIGURA 28: INSERINDO RESTRIÇÃO TEMPORAL	46
FIGURA 29: EDIÇÃO DO EXEMPLO 4 DO CAPÍTULO 3	47
FIGURA 30: SIMULADOR	48
FIGURA 31: ABRINDO UMA ESPECIFICAÇÃO PARA SER SIMULADA.	49
FIGURA 32: INÍCIO DE UMA SIMULAÇÃO.....	49
FIGURA 33: SIMULAÇÃO DO EXEMPLO 4 DO CAPÍTULO 3 (TRAÇO 1-1).....	50
FIGURA 34: SIMULAÇÃO DO EXEMPLO 4 DO CAPÍTULO 3 (TRAÇO 1-4).....	51
FIGURA 35: SIMULAÇÃO DO EXEMPLO 4 DO CAPÍTULO 3 (TRAÇO 1-5).....	51
FIGURA 36: SIMULAÇÃO DO EXEMPLO 4 DO CAPÍTULO 3 (TRAÇO 1-6).....	52
FIGURA 37: SIMULAÇÃO DO EXEMPLO 4 DO CAPÍTULO 3 (TRAÇO 2-4).....	53
FIGURA 38: SIMULAÇÃO DO EXEMPLO 4 DO CAPÍTULO 3 (TRAÇO 2-5).....	53
FIGURA 39: SIMULAÇÃO DO EXEMPLO 4 DO CAPÍTULO 3 (VÁRIOS TRAÇOS).....	54
FIGURA 40: ESQUEMA DE EDIÇÃO E SIMULAÇÃO	55

1. INTRODUÇÃO

A computação multimídia tem emergido como uma grande área de pesquisa a medida que o potencial de novas tecnologias em sistemas multimídia vem atraindo continuamente uma grande variedade de aplicações.

Sistemas multimídia são caracterizados pela geração, armazenamento, comunicação, manipulação e, em particular, a apresentação integrada e controlada pelo computador de mídia dependente do tempo (vídeo e áudio, por exemplo) e mídia sem dimensão temporal (texto e imagem, por exemplo). Dentro do universo de sistemas multimídia este trabalho enfoca às apresentações multimídia interativas sublinhando a concorrência e o forte relacionamento temporal inerente ao comportamento de tais aplicações.

A especificação de apresentações multimídia através de modelos formais possibilita a construção de uma semântica precisa e a utilização de métodos automáticos de verificação, simulação e análise da consistência lógica e temporal do comportamento da apresentação multimídia [16]. Foi com este propósito que vários modelos para a descrição formal do comportamento de tais apresentações foram propostos na literatura abordando diferentes pontos de vista da especificação e análise do comportamento [1, 2, 5, 6, 7, 9, 15, 18, 21]. O estudo desenvolvido nesta dissertação propõe uma orientação alternativa para a descrição do comportamento de apresentações multimídia interativas através de mecanismos que permitem descrever as restrições contextuais pelas quais o sistema pode evoluir.

No modelo apresentado no Capítulo 3, baseado em redes Contextuais [12], o comportamento de uma apresentação multimídia interativa é descrito através de uma rede de Petri (sem arco de produção) estendida com relações sobre lugares x transições que permite estabelecer relações de causalidade¹ sobre o disparo de transições. Cada disparo de transição corresponde a um determinado evento ocorrendo no sistema. Adicionalmente, a cada transição é associado um intervalo temporal dentro do qual o disparo da transição deve ocorrer. Esse intervalo é descrito em função do disparo de outras transições através de um mecanismo sintático associado a cada transição denominado predicado de restrição temporal. A semântica operacional do modelo é dada em termos de sistemas de transição temporizados.

O modelo proposto, denominado *redes contextuais temporizadas*, permite a descrição do comportamento de apresentações multimídia interativas envolvendo esquemas de sincronização de mídia relativamente complexos. Uma ferramenta para a edição e simulação das redes contextuais temporizadas foi desenvolvida.

Esta dissertação está organizada da seguinte forma:

- O capítulo 2 apresenta conceitos relacionados aos sistemas multimídia, um aprofundamento na noção de apresentações multimídia interativas e um estudo de dois modelos formais para especificação de apresentações multimídia.
- O capítulo 3 propõe um modelo formal de especificação de apresentações multimídia interativas baseado em redes contextuais denominado de redes contextuais temporizadas. Apresentando uma série de exemplos que ilustram a aplicação do modelo.
- O capítulo 4 apresenta uma ferramenta desenvolvida para edição e simulação das redes contextuais temporizadas.
- Por último, são apresentadas as conclusões e perspectivas deste trabalho.

¹ A causalidade é vista aqui de uma forma bastante ampla que incorpora até mesmo noções comportamentais como o conflito entre ocorrência de eventos.

2. APRESENTAÇÕES MULTIMÍDIA INTERATIVAS

Este capítulo expõe alguns aspectos importantes relacionados às apresentações multimídia interativas e está organizado da seguinte maneira:

- A primeira seção introduz conceitos básicos associados aos sistemas multimídia, tais como: multimídia interativa, tipos de mídia e hipermídia.
- A segunda seção estabelece o domínio de aplicação do trabalho desenvolvido nesta dissertação: *apresentações multimídia interativas* e discute motivações para o uso de métodos formais.
- A terceira seção enfoca a questão da sincronização multimídia.
- A quarta seção dedicou-se ao estudo de duas propostas existentes para especificação formal de apresentações multimídia interativas.
- Por último, na conclusão, são examinados diferentes aspectos da especificação formal de apresentações multimídia interativas.

2.1 Sistemas multimídia

Diferentes definições de sistemas multimídia foram propostas. Entre elas:

“Um sistema ou aplicação multimídia é aquele que suporta o processamento integrado de vários tipos de mídia com ao menos uma mídia dependente do tempo.” [2]

“Um sistema multimídia é um sistema que permite ao usuário final armazenar, transmitir, intercambiar, apresentar, representar e perceber uma variedade de formas de informação, tais como, voz, gráficos, áudio de alta fidelidade e vídeo, de maneira integrada.” [4]

“Multimídia é qualquer combinação de texto, arte gráfica, som, animação e vídeo transmitida pelo computador. Se permite que o usuário – o visualizador do projeto – controle quando e quais elementos serão transmitidos, denomina-se multimídia interativa.” [17]

Como pode ser observado, não existe um conceito universal para um sistema multimídia. No entanto, é incontestável que tais sistemas propiciam a integração de mídia a partir do computador. A palavra mídia é empregada aqui como sinônimo de um meio ou um conjunto de meios ou métodos para fornecer uma informação. Neste contexto, o autor de um sistema multimídia utiliza diferentes tipos de mídia para exprimir uma idéia ou um conceito.

Tipos de Mídia

Uma mídia pode ter dimensão temporal. Neste caso, existe uma forte dependência temporal entre suas unidades de informação. Se a duração da apresentação de todas as unidades de informação da mídia forem iguais, ela é chamada de mídia contínua [2]. Por exemplo, um vídeo consiste de um número de quadros ordenados que tem uma duração de apresentação fixa. Por outro lado, um objeto de mídia estática, ou seja, não dependente do tempo, é qualquer tipo de mídia básica sem dimensão temporal tal como texto e imagem. A seguir são caracterizados alguns tipos de mídia freqüentemente utilizados em sistemas multimídia.

Texto e Hipertexto

Texto é um tipo de mídia básica (sem dimensão temporal) presente em quase todos os tipos de aplicações multimídia. Quando as palavras de um texto são indexadas por outras palavras fornecendo uma estrutura de elementos vinculados pela qual um usuário pode mover-se e interagir, tem-se um sistema de *hipertexto*. A multimídia interativa torna-se *hipermídia* quando utiliza tais recursos produzindo rápido resgate das informações associadas.

Imagens

Imagem, ou imagem estática, é outro tipo de mídia básica, representada por um mapa de bits ou um desenho vetorial .

Um mapa de bits é uma matriz de informações descrevendo os pontos individuais (píxeis) que são os menores elementos de resolução de tela de um computador ou outro dispositivo de apresentação ou impressão. Um mapa de bits de 1 bit é necessário para monitores monocromáticos, representando duas cores (preto e branco). Um mapa de bits de 4 bits representa 16 cores, um de 8 bits representa 256 cores e um de 24 bits representa 16 milhões de cores. A imagem no monitor de um microcomputador é um mapa de bits digital armazenado na memória do vídeo.

Os sistemas multimídia também usam objetos desenhados por vetores tais como linhas, retângulos, ovais, polígonos que utilizam uma fração do espaço de memória necessário para descrever e armazenar o objetos na forma de mapa de bits.

Áudio

Quando a corda de um instrumento, as asas de uma abelha ou as cordas vocais movem-se na atmosfera, moléculas de ar são deslocadas. O ar em movimento alcança nossos ouvidos enquanto o som oscila e é traduzido por um processo mecânico interior ao ouvido em pulsações do nervo que podemos distinguir e interpretar [17]. Em sua essência, os dispositivos usados para capturar, manipular e reproduzir o som digital assemelham-se ao ouvido humano. A cada n -ésima fração de segundo uma amostra de som é capturada e armazenada como informações digitais em bit e bytes. A frequência com que as amostras

são capturadas determina a *taxa de amostragem* do áudio digital. A quantidade de informações armazenadas a cada amostragem determina o *tamanho da amostra*. As três frequências de amostragem mais usadas na multimídia são 44,1 kHz (*kilohertz*), 22,05 kHz e 11,025 kHz. Os tamanhos das amostragens são de 8 ou 16 bits. O padrão CD: 16 bits 44,1 kHz permite a reprodução exata de todos os sons que um ser humano pode ouvir. O áudio digital ainda pode ser monofônico (1 canal) ou estereofônico (2 canais) de acordo com o número de canais utilizados em sua captura.

O áudio é uma mídia contínua. Ao ser digitalizado o áudio adquire outras dependências temporais: como a frequência de amostragem (KHz), taxa de transferência do dispositivo de armazenamento para o processador no qual será reproduzido (Kbytes/seg, Mbytes/seg), e taxa de descompressão de dados (Kbytes/seg, Mbytes/seg).

Animação de Imagens

A animação funciona de um modo muito simples: basta mudar a posição ou a forma de uma imagem estática em uma taxa suficiente para que os olhos percebam as mudanças como movimento. Portanto, é uma mídia com dimensão temporal. Por exemplo, para se obter uma noção de movimento de um relógio a partir de imagens estáticas, pode-se capturá-lo em posições consecutivas sobrepondo-as em uma taxa aproximadamente 7 posições/segundo.

Vídeo

Assim como o áudio o vídeo também é uma mídia contínua e consiste de um número de quadros ordenados que têm uma duração de apresentação fixa. Para determinar os parâmetros para a captura de vídeo digital e os resultados desejados para a reprodução, existem quatro fatores principais que precisam ser equilibrados:

Taxa de transferência de dados de dispositivo de armazenamento: é a velocidade (MBytes/segundo) na qual o dispositivo de armazenamento (um disco rígido, ou uma rede de comunicação, por exemplo) envia a informação do arquivo ao processador. Quanto maior a taxa de transferência de dados, mais suave o efeito de movimento na reprodução do vídeo.

Tamanho da janela: representa o número de píxeis que serão exibidos na horizontal e na vertical (160x120, 240x180, 640x480). Quanto menor a janela mais rápido a informação pode ser processada. Na maioria dos casos as janelas maiores são desejáveis. No entanto, janelas menores podem ser necessárias devido a limitação da máquina.

Taxa de quadro: varia de 7 a 10 quadros/segundo (extremamente lento) até um movimento total de 30 quadros/segundo. Taxas de quadro mais baixas resultam em movimento artificial ou abrupto. Abaixo de 10 quadros/segundo a ilusão de movimento se foi e o vídeo vira uma série de tomadas estáticas. As oscilações perceptíveis desaparecem entre 24 e 30 quadros/segundos.

Qualidade de imagem: refere-se ao tamanho do mapa de bits utilizado na captura de cada quadro. Uma qualidade de captura de 256 (8 bits) é considerada baixa.

Existem diferentes padronizações de vídeo para televisão, que podem intervir na captura do mesmo para o formato digital. Dois exemplos são o formato NTSC (*National Television Standards Committee*) utilizado nos Estados Unidos e Japão com taxa de quadro de 30 quadros/seg, e formato PAL (*Phase Alternate Line*) utilizado na Europa, Austrália, África do Sul e Brasil com taxa de 25 quadros/seg e um método de coloração de quadros diferente do NTSC. Assim como para o áudio, são usadas técnicas de compressão de vídeo.

Observe que o vídeo também é uma mídia com forte dependência temporal, tanto na taxa de quadros (quadros/seg) e na taxa de transferência do dispositivo de armazenamento (Mbytes/seg) quanto na taxa de descompressão (Mbytes/Seg).

2.2 Principais características das apresentações multimídia interativas

Sistemas multimídia são caracterizados pela geração, armazenamento, comunicação, manipulação e, em particular, a apresentação integrada e controlada pelo computador de mídia dependente ou não do tempo. Este trabalho concentra-se no universo da *apresentação multimídia*.

Uma das características marcantes das apresentações multimídia é o forte relacionamento temporal entre os objetos básicos ou fluxos contínuos de informação

(*streams*) que entram na composição de uma apresentação [4]. Este relacionamento temporal é a essência do conceito de sincronização multimídia, aprofundado na próxima seção.

Um aspecto diretamente relacionado à apresentação de mídia e, conseqüentemente, à sincronização é o seu armazenamento. As unidades de informação que compõem os tipos de mídia podem estar armazenadas num local diferente de onde a apresentação está sendo realizada. Isto envolve uma série de considerações temporais de acordo com a qualidade de serviço desejada.

Qualidade de serviço (QoS) é o nível de qualidade que deve ser garantido a um serviço e difere segundo os tipos de aplicação e os tipos de mídia envolvidos. Questões relacionadas à qualidade de serviço podem impor aos sistemas multimídia a satisfação de requisitos temporais importantes [4]. Por exemplo, em relação a apresentações multimídia um parâmetro de QoS a ser considerado é o atraso *fim-a-fim* corresponde ao atraso entre a geração de um objeto multimídia na fonte e sua apresentação no receptor (usuário).

Para evitar inconsistências, o autor de uma apresentação multimídia deve definir as relações temporais e condicionais entre as diversas unidades de informação que vão compor a apresentação. Nas apresentações multimídia interativas o autor deve ainda definir os pontos de interação do usuário.

A especificação de apresentações multimídia através de modelos formais possibilita a construção de uma semântica precisa e a utilização de métodos automáticos de verificação, simulação e análise da consistência lógica e temporal do comportamento da apresentação multimídia [16].

2.3 Sincronização Multimídia

Em um enfoque mais geral, a sincronização é usada por alguns autores como relações de conteúdo, espaciais ou temporais entre objetos de mídia.

Relações de conteúdo

Definem uma dependência de objetos de mídia sobre dados. Por exemplo: diferentes visualizações gráficas de um mesmo dado. É útil expressar estas relações explicitamente para permitir uma atualização automática de diferentes visões do mesmo dado. Neste caso, apenas os dados são editados e diferentes visões são geradas automaticamente. Esta técnica também é utilizada em sistemas de banco de dados.

Relações espaciais

São geralmente conhecidas como *layout* de tela e definem o espaço para a apresentação de um objeto de mídia sobre um dispositivo de saída em um dado instante de tempo. Por exemplo, evitar que uma figura sobreponha outra ao serem apresentadas na tela do computador.

Relações temporais

Definem dependências temporais relacionadas à apresentação de objetos de mídia. Por exemplo, garantir a sincronização de voz e vídeo gerados separadamente (*lip synchronization*).

Todos os três tipos de relações são importantes para integrar apresentações multimídia. As relações de conteúdo e espaciais são bem conhecidas em sistemas de autoria integrados com banco de dados, ferramentas gráficas, editores de texto. O aspecto ainda em aberto em sistemas multimídia são as relações temporais.

Pode-se distinguir dois tipos de sincronização de acordo com o tipo de relação temporal existente entre dois objetos: a sincronização contínua e a sincronização discreta [4].

- A *sincronização contínua* trata da entrega sincronizada de um ou vários fluxos contínuos de informação ("*streams*") como é o caso da *lip synchronization* já citada anteriormente.
- A *sincronização discreta* (ou sincronização baseada em eventos) trata da entrega sincronizada de unidades de informação (por exemplo, previamente armazenadas) ou da realização de alguma ação em um ponto de sincronização

de um fluxo contínuo de uma mídia. Uma apresentação de slide que sincroniza slides com anotações faladas feitas em pontos determinados é um exemplo deste tipo de sincronização.

De acordo com *Blakowsky* [2], a sincronização pode ser de dois tipos: intramídia e intermídia.

- A *sincronização intramídia* refere-se às relações de tempo entre várias unidades da sequência de apresentação de uma mesma mídia dependente do tempo. Por exemplo, sincronizar quadros de um vídeo para evitar atrasos na apresentação do mesmo.
- A *sincronização intermídia* define relações de tempo entre objetos de mídia. Por exemplo, a sincronização de uma animação parcialmente comentada com o áudio correspondente.

Existem ao menos duas classes de modelos temporais para a definição de esquemas de sincronização intra e intermídia: [23]

- Modelos baseados em pontos:
Modelos cujas unidades elementares são os eventos. Dois eventos podem ser sincronizados de 3 formas diferentes: um evento pode acontecer antes, após ou em simultâneo a outro evento.
- Modelos baseados em intervalos de tempo:
Modelos cujas unidades elementares são intervalos que representam a duração de um objeto de mídia. A Figura 1 apresenta um conjunto de sete relações temporais entre duas mídia [2].

A Figura 2 apresenta um exemplo simples de sincronização de mídia [2]. O exemplo consiste de uma sequência de áudio/vídeo (Áudio1, Vídeo) sincronizados, seguida pelo *replay* de uma interação de usuário gravada, uma sequência de Slides (S1-S3) e uma animação que é parcialmente comentada usando uma sequência de áudio (Áudio2). Iniciando a apresentação da animação, uma questão de escolha é apresentada para o usuário (Interação). Se o usuário tiver feito a seleção o slide S4 é mostrado.

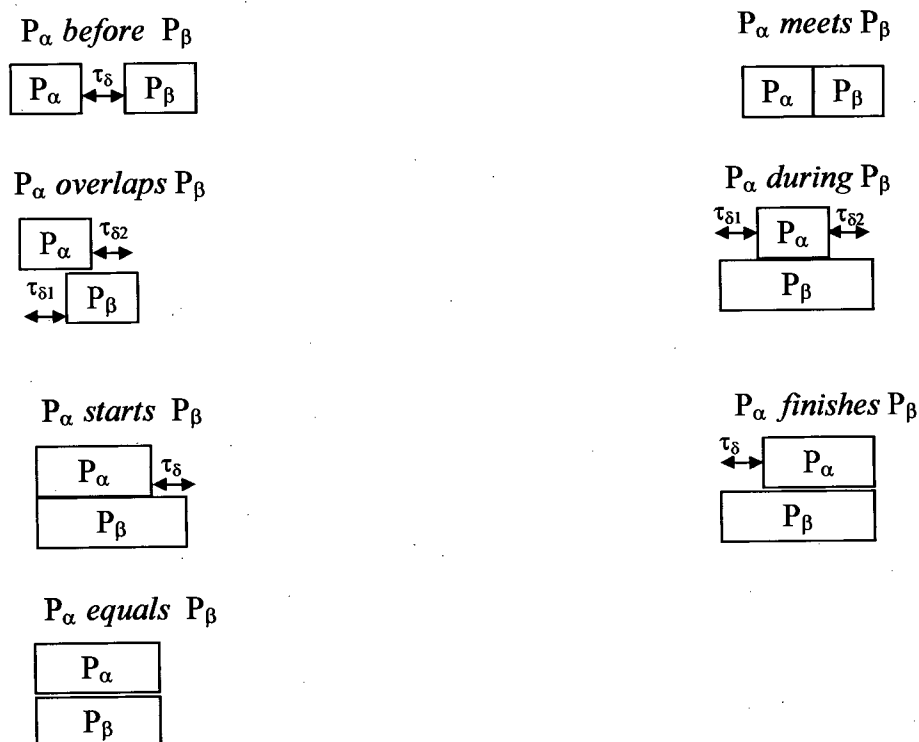


Figura 1: Tipos de relações temporais entre dois objetos de mídia

Quanto as restrições temporais, explicitadas na Figura 2, é importante observar que sistemas de sincronização reais nem sempre podem garantir a temporização de forma precisa. Frequentemente isto não é mesmo necessário [9]. Por isso, seria interessante o estabelecimento de uma margem de variação temporal dependendo da qualidade de serviço desejada. Assim a duração do áudio e vídeo sincronizados, por exemplo, poderia sofrer algum tempo de atraso.

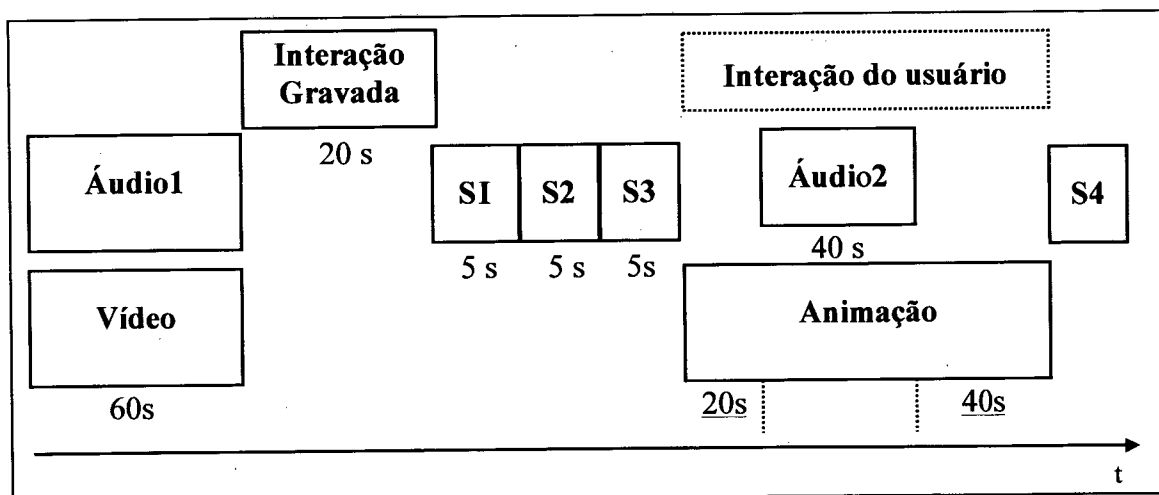


Figura 2: Exemplo de sincronização de mídia

Para ilustrar a necessidade da especificação formal, vale observar que tanto a especificação textual quanto a especificação gráfica deste exemplo apresentam ambigüidades. A interação do usuário interrompe a animação apresentando o slide S4 ou ela apresenta o slide S4 sobreposto a animação?

2.4 Dois modelos para especificação formal de apresentações multimídia

Esta seção apresenta dois modelos formais envolvendo a especificação de apresentações multimídia: *HTSPN* [15] e *RT-LOTOS Multimídia* [5]. Este estudo tem o intuito de proporcionar uma base de comparação sobre os diferentes tipos de mecanismos que podem ser utilizados na descrição de apresentações multimídia interativas.

2.4.1 HTSPN

O modelo formal *Hierarchical Time Stream Petri Nets* (HTSPN) [15] permite a especificação da sincronização lógica e temporal de sistemas hipermídia. O modelo, baseado em intervalos temporais, possibilita o não determinismo temporal em esquemas de sincronização.

O exemplo da Figura 2 é especificado pelo modelo HTSPN como observado na Figura 3. Os objetos da apresentação são modelados por lugares da rede (ex. *AudioVideo*, *InteraçãoGravada*, *Slide1*).

A marcação ou inclusão de ficha em um lugar representa o início do componente modelado. Por exemplo, a chegada de uma ficha no lugar *Áudio* representa o início do tratamento de um áudio.

Os arcos podem ser associados a intervalos de validade temporal (IVT), onde IVT é uma tríplice que especifica duração mínima, nominal e máxima admissível para a realização de cada componente. O IVT [60,60,60] dos lugares *Audio* e *Video* representa que o fim da apresentação do áudio e do vídeo (t_2) deve ocorrer exatamente 60 unidades de tempo após o seu início (sincronização).

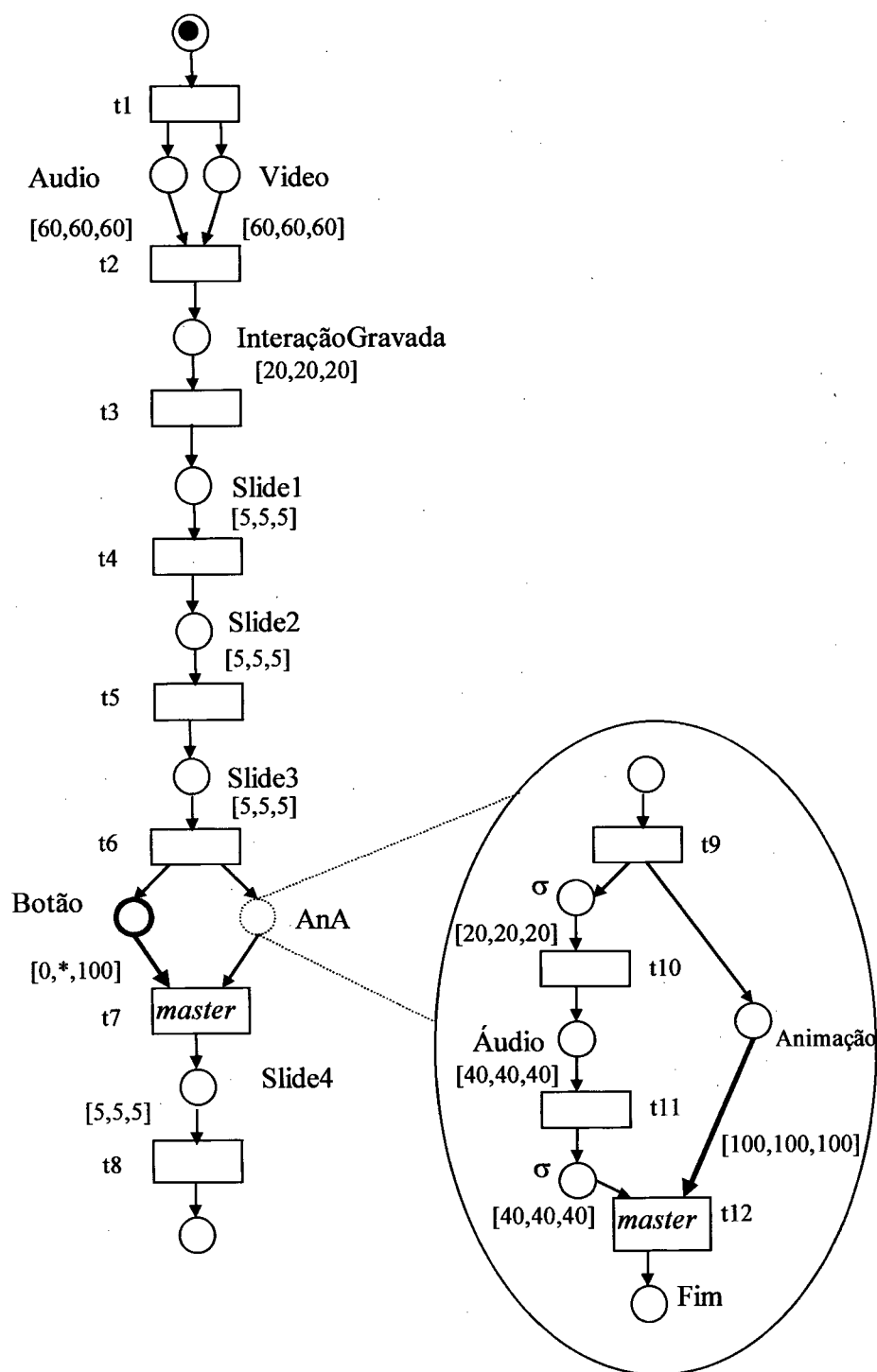


Figura 3: Representação HTSPN para o exemplo da Figura 2

O lugar *Botão*, representado por um círculo em negrito, modela a possibilidade de interação do usuário através do seguinte comportamento: o *Botão* é habilitado imediatamente após sua marcação (0 unidades de tempo), caso o utilizador não ative este

comportamento (não dispare a transição *t7*) até 100 unidades de tempo após a habilitação, o *Botão* é ativado automaticamente.

Sub-redes podem ser representadas por lugares tracejados, possibilitando hierarquização do processo de descrição (desenho). No exemplo, o lugar *AnA* está associado a sub-rede que modela a animação parcialmente comentada. A marcação de um lugar tracejado representa o início do tratamento do cenário multimídia modelado pela sub-rede associada. Quando um lugar tracejado é marcado, o lugar de entrada da sub-rede também é marcado, a saída da ficha de um lugar tracejado implica na saída de todas as fichas da sub-rede associada modelando a interrupção do cenário multimídia representado.

As relações lógicas e temporais são modeladas por transições tipadas. A fim de descrever os esquemas de sincronização o autor pode associar às transições uma estratégia de sincronização: *and*, *weak-and*, *or*, *strong-or*, *master*, *or-master*, *and-master*, *strong-master*, *weak-master*. No exemplo, a transição *master* estabelece uma prioridade da interação do usuário (lugar *Botão* associado por um arco em negrito) sobre a animação parcialmente comentada (lugar *AnA*). E a prioridade da animação sobre o áudio que a comenta.

2.4.2 RT-LOTOS Multimídia

O modelo apresentado em [5], neste trabalho referenciado como RT-LOTOS Multimídia, é um modelo formal de composição hierárquica de objetos de apresentação multimídia e de restrições de sincronização que são automaticamente traduzidos em *Real Time Language of Temporal Ordering Specification* (RT-LOTOS) [4].

O comportamento de um documento multimídia é determinado pela definição da ordenação temporal dos eventos relevantes das apresentações. Por exemplo, eventos mandatórios caracterizando o início e o fim das apresentações, eventos internos opcionais para especificar uma situação durante a apresentação, e eventos externos opcionais para caracterizar interação do usuário com alguma apresentação.

Seja E um conjunto de eventos genéricos. Uma apresentação $p = (start, end, intS, extS) \in pSet = E \times E \times 2^E \times 2^E$, é uma quádrupla de eventos, onde:

- $start$ é o evento caracterizando o início da apresentação
- end é o evento caracterizando o fim da apresentação
- $intS$ é o conjunto de eventos internos da apresentação
- $extS$ é o conjunto de eventos externos da apresentação

O exemplo da Figura 2 é diagramado na Figura 4 e formalizado (Figura 5) da seguinte forma:

- Apresentação pDoc na raiz da hierarquia.
- Áudio1 e Vídeo sincronizados - pA1V - no próximo nível da hierarquia.
- Interação Gravada - pRI - onde o fim da interação gravada é sincronizado com o início da seqüência de slides.
- Seqüência de Slides - pSS .
- Interação com o usuário - pI - onde o início do período de possível interação com o usuário é sincronizado com o fim da seqüência de slides e o evento externo uI representa a interação com o usuário.
- Animação enquanto Áudio2 - pAnA2 .
- Restrição cTermDoc especifica a terminação da apresentação.
- Restrição cSyncA1V especifica a sincronização de áudio e vídeo.
- Restrição A2WhileAn especifica que a seqüência de áudio é apresentada enquanto ocorre a apresentação da animação

Os seguintes objetos devem ter sido pré-definidos nas bibliotecas de objetos RT-LOTOS:

- pSsSe - apresentação elementar de duração conhecida.
- pSsAme - apresentação elementar que termina com um evento externo ou após um tempo máximo de duração.

- pStream-with-latency - apresentação elementar de um objeto *stream*, onde a duração do *stream* é conhecida, e alguma latência pode afetar o tempo estipulado.
- cWaitLast - restrição de sincronização que consiste em esperar pelo último evento entre vários.
- cWhile - outra restrição de sincronização .

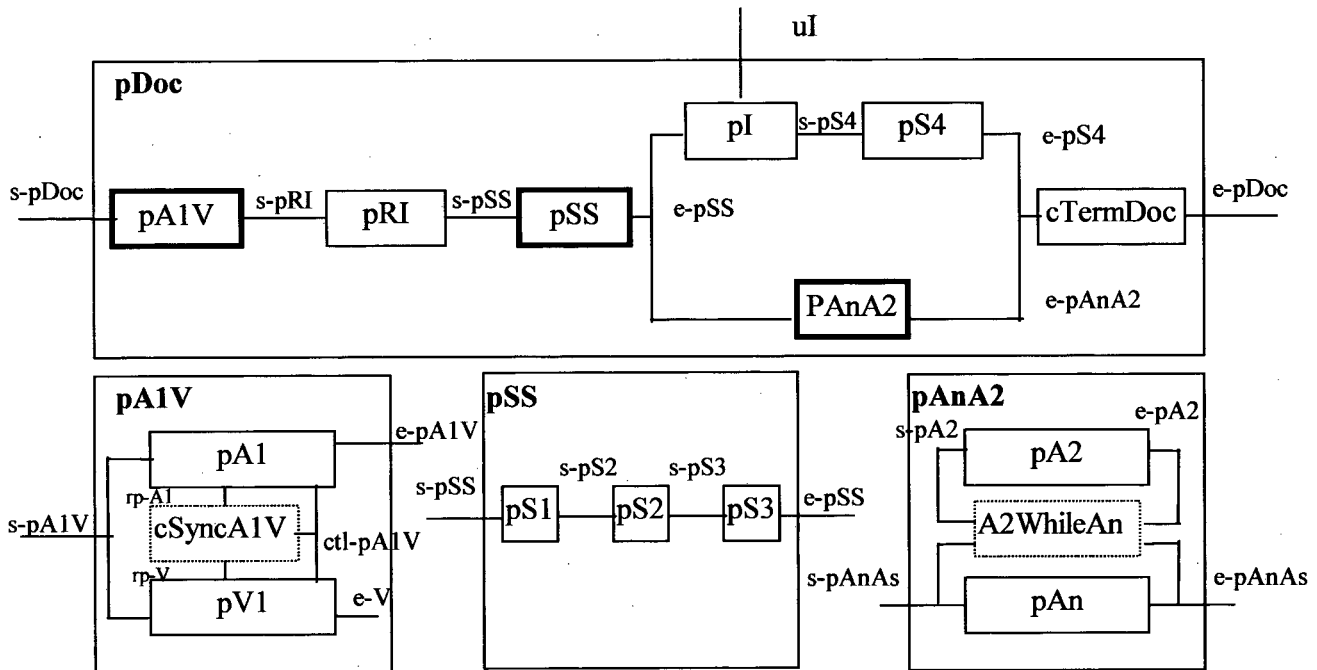


Figura 4: Diagrama da especificação via álgebra de processos [5]

A semântica da apresentação multimídia é fornecida pela semântica do processo RT-LOTOS associado ao documento raiz. Como consequência, sua verificação pode ser executada via interpretação de resultados obtidos por meio de métodos de verificação padrão desenvolvidos por RT-LOTOS.

```

Document pDoc = tipo-pDoc [s-pDoc, e-pDoc] [ ] [ul]
( 60,20,19,21,16,24,20,5,100,100, 40,20,40)

presentation tipo-pDoc [inicio-pDoc, fim-pDoc] [ ] [ul]
(duracaoA1V, latenciaA1V, latenciaMinA1, latenciaMaxA1, latenciaMinV,
latenciaMaxV, duracaoRI, duracaoS, duracaoIu, duracaoAn, duracaoA2,
parametro1SincAnA2, parametro2SincAnA2 : time)

    pA1V = tipo-pA1V [s-pDoc, e-pRI] [ ] [ ] (duracaoA1V, latenciaA1V,
latenciaMinA1, latenciaMaxA1, latenciaMinV, latenciaMaxV)

    pRI = pSsSe [s-pRI, s-pSS] (duracaoRI)

    pSS = tipo-pSS [s-pSS, e-pSS] (duracaoS)

    pI = pSsAme [s-pSS, s-pS4] [ ] [ul] (duracaoI)

    pS4 = pSsSe [s-pS4, e-pS4] (duracaoS)

    pAnA2 = tipo-pAnA2 [e-pSS, e-pAnA2] (duracaoAn, duracaoA2, atrasoEnqto1,
atrasoEnqto2)

    cFimDoc = cWaitLatest [e-pS4, e-pAnA2, e-pDoc]
endpresentation

presentation tipo-pA1V [s-pA1V, e-pA1V] [ ] [ ]
(duracaoA1V, latenciaA1V, minlatenciaA1, max-latenciaA1, minlatenciaV,
maxlatenciaV: time)

    pA1 = pStream-with-latency [s-pA1V, e-pA1V] [rp-A1] [ctl-A1V]
(duracaoA1V, latenciaA1V, minlatenciaA1, maxlatenciaA1)

    pV = pStream-with-latency [s-pA1V, e pV] [rp-V] [ctl-A1V]
(duracaoA1V, latenciaA1V, minlatenciaV, maxlatenciaV)

    cSyncA1V = cWaitMaster [rp-A1, rp-V,ctl-A1V]
endpresentation

presentation tipo-pSS [s-pSS, e-pSS] [ ] [ ] (duracaoS : time)

    pS1 = pSiSf [s-pSS, s-pS2] (duracaoS : time)

    pS2 = pSiSf [s-pS2, s-pS3] (duracaoS : time)

    pS3 = pSiSf [s-pS3, e-pSS] (duracaoS : time)
endpresentation

presentation tipo-pA2A2 [ ] [ ] [ ] ( )

    pAn = pSsSe [s-pAnA2, e-pAnA2] (duracaoAn)

    pA2 = pSsSe [s-pA2, e-pA2] (duracaoA2)

    A2WhileAn = cWhile [s-pAnA2, s-pA2, e-pA2, e-pAnA2]
(atrasoEnqto1, atrasoEnqto1, atrasoEnqto2, atrasoEnqto2)
endpresentation

```

Figura 5: Exemplo da Figura 2 no modelo RT-LOTOS Multimídia [5].

A Figura 6 apresenta a definição de um objeto (pSsSe) da biblioteca de objetos de apresentação e um objeto (cWaitLaitest) da biblioteca de objetos de restrição.

<pre> process pSsSe [inicio,fim] (d:time) : exit := inicio; delay(d) fim{0}; exit endproc </pre>	<pre> process cWaitLaitest [eA, eB, eC, end] := (eA;exit eB;exit eC;exit >> end{0}); cWaitLatest [eA, eB, eC, end] endproc </pre>
---	---

Figura 6: Alguns objetos de restrição em RT-LOTOS

2.5 Conclusões

Sistemas multimídia caracterizam-se pela integração de diversos tipos de mídia classificadas em dois grandes grupos: mídias dependentes do tempo (áudio, vídeo, animação, por exemplo) e mídias básicas sem dimensão temporal (texto, imagem, por exemplo). As apresentações multimídia interativas, alvo principal do estudo apresentado neste capítulo, são sistemas multimídia caracterizados por cenários de apresentação de mídia permitindo a interação do usuário.

O comportamento de uma apresentação multimídia interativa possui diversos aspectos que nos levam a tratá-los como sistemas concorrentes. Além da concorrência, um ou mais *tread* de execução podem estar associados a um ou mais objetos de apresentação de mídia, outros aspectos ligados a coordenação e controle espacial e temporal da apresentação podem exigir a utilização de métodos de descrição formal nas fases de análise e desenho do sistema. Neste sentido, diversos modelos formais para descrição de sistemas multimídia, em particular, apresentações multimídia interativas, foram propostos ao longo dos últimos anos. Neste capítulo, apresentou-se um estudo resumido das características principais de dois desses modelos: HTSPN e RT-LOTOS Multimídia.

O modelo formal HTSPN descreve a sincronização de mídia via transições com arcos associados a intervalos de validade temporal. Apresenta uma representação gráfica bastante intuitiva, mas deixa dúvidas quanto aos mecanismos de verificação. A inclusão de novos aspectos comportamentais gerou detalhes na extensão HTSPN que poderão ser perdidos no mapeamento para uma rede de Petri Temporal [3].

O modelo formal RT-LOTOS Multimídia descreve a sincronização de objetos multimídia através de mecanismos de composição de RT-LOTOS. Permite a utilização de métodos de análise e verificação já consolidados. No entanto, RT-LOTOS é uma linguagem de especificação complexa, projetada para especificar uma grande variedade de sistemas e exige do especificador um conhecimento detalhado da linguagem.

O estudo apresentado neste capítulo nos permite concluir que apresentações multimídia interativas podem ser tratadas como sistemas concorrentes dependentes do tempo e que a sincronização de mídia é um dos seus aspectos chaves.

No próximo capítulo, estudou-se uma alternativa para a descrição do comportamento de apresentações multimídia interativas através de mecanismos que impõem restrições contextuais para a evolução do sistema.

3. REDES CONTEXTUAIS TEMPORIZADAS

Este capítulo propõe um modelo formal para a descrição do comportamento de apresentações multimídia interativas onde diferentes aspectos comportamentais são descritos utilizando dois mecanismos básicos de causalidade. A semântica operacional do modelo proposto é dada em termos de sistemas de transições temporizados. Este capítulo está organizado da seguinte forma.

- A primeira seção introduz as idéias de base da proposta.
- A segunda seção apresenta a definição do modelo sem a consideração do tempo.
- A terceira seção apresenta o modelo completo.
- Por último, a conclusão do capítulo.

3.1 Introdução

Mecanismos que permitem a descrição de relações causais entre eventos vêm sendo utilizados com frequência para a descrição do comportamento de sistemas. Mesmo em álgebras de processos tais relações são indiretamente descritas utilizando mecanismos tais como composição e sincronização. Por exemplo, em CCS [11], a expressão

$$(a.\bar{e}.0 \mid b.e.c.0) \setminus e$$

descreve um comportamento no qual uma ação c poderá acontecer uma vez que as ações a e b tenham ocorrido (em qualquer ordem). Essa mesma relação causal pode ser descrita em Redes de Petri [13] da forma como é apresentado na Figura 7.

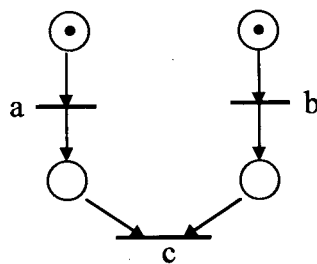


Figura 7: Rede de Petri - c é habilitada após o disparo de a e b .

No caso de CCS, a relação de causalidade entre os eventos associados às ocorrências das ações a , b e c é induzida pela *dependência espacial* associada à ocorrência das ações complementares \bar{e} e e entre os processos $a.\bar{e}.0$ e $b.e.c.0$ envolvidos por composição paralela. No caso da rede de Petri, a mesma relação é obtida a partir da noção de *recurso* que é associada ao jogo de fichas definido pela semântica operacional das redes de Petri. Em ambos os casos, a concorrência entre os eventos a e b surge por *independência causal*. Em outras palavras, a e b são associadas a processos independentes entre si e nada que ocorra na execução de a afeta a execução de b e vice-versa.

A causalidade entre os eventos a e c e entre os eventos b e c pode ser intuitivamente entendida como uma relação do tipo α então β significando que *a ocorrência do evento α habilita o evento β* .

O modelo proposto por Gunawardena, autômatos causais [8], avança bastante nessa questão propondo uma visão lógica da causalidade. A motivação principal é a lógica das observações finitas [19]. Nos autômatos causais, a relação de causalidade sobre um conjunto de eventos E é obtida assumindo-se uma guarda Booleana para cada evento em E . Por exemplo, a Figura 8 mostra um autômato causal cujo comportamento corresponde intuitivamente ao da rede de Petri da Figura 7. Neste caso, o evento e_3 , associado à ocorrência da ação c , torna-se habilitado por e_1 e por e_2 . Os eventos e_1 e e_2 , associados às ocorrências de a e b , respectivamente, já estão inicialmente habilitados.

Evento	Guarda	Ação
e_1	<i>true</i>	a
e_2	<i>true</i>	b
e_3	$e_1 \wedge e_2$	c

Figura 8: Autômato causal: causalidade AND

Os autômatos causais também propõem uma nova forma de expressar causalidade entre dois eventos: a causalidade NOT. Por exemplo, o autômato causal da Figura 9 representa o comportamento de um sistema no qual a ocorrência do evento e_1 desabilita o evento e_2 . Este comportamento, descrevendo uma espécie de conflito assimétrico, é descrito de forma similar pela rede de Petri da Figura 10.

Evento	Guarda	Ação
e_1	<i>true</i>	a
e_2	<i>true</i>	b
e_3	$e_1 \wedge \neg e_2$	c

Figura 9: Autômato causal: causalidade NOT

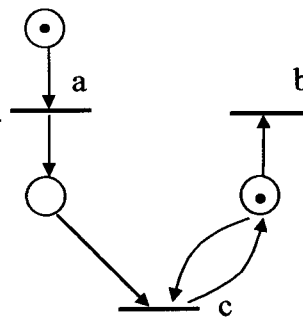


Figura 10: Rede de Petri correspondente ao autômato causal da Figura 9

Intuitivamente, podemos entender a causalidade NOT como uma relação do tipo α enquanto-não β significando que *a ocorrência do evento β desabilita o evento α* .

3.2 Redes contextuais

A representação de relações causais entre eventos utilizando redes de Petri condição/evento convencionais tais como as da Figura 7 e Figura 10 podem induzir aspectos comportamentais espúrios. Por exemplo, na rede de Petri da Figura 11 espera-se que as transições t_2 e t_3 , associadas a transição t_1 por uma relação enquanto-não, representem eventos concorrentes. Apesar disso, existe uma relação de dependência espacial na execução das transições t_2 e t_3 causada pela situação de conflito entre elas. Esse conflito (supostamente não desejado) pode ser facilmente removido da maneira como é ilustrada pela Figura 12. Entretanto, deseja-se que as relações de causalidade então e enquanto-não sejam utilizadas para descrever aspectos abstratos do comportamento do sistema, em particular, restrições contextuais pelas quais a computação do sistema deve evoluir. Neste sentido, relações de causalidade devem se comportar como operações do tipo *read-only*. Portanto, a solução apresentada pela Figura 12 vai certamente na direção oposta.

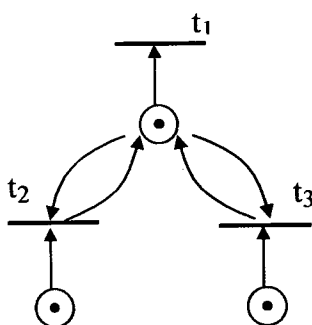


Figura 11: Rede de Petri condição/evento

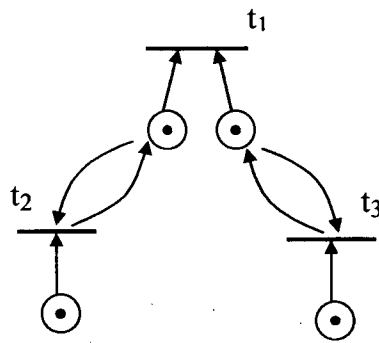


Figura 12: Rede de Petri condição/evento (sem conflito)

As redes contextuais [12] são redes de Petri condição/evento convencionais estendidas com arcos permitindo definir relações de causalidade do tipo então e enquanto-não¹. Os arcos do tipo então (—o), similares aos arcos inibidores das redes de Petri arco-inibidor [13], e os arcos do tipo enquanto-não (—) comportam-se como operações *read-only* sobre lugares. A Figura 13 apresenta uma rede contextual cujo comportamento é equivalente ao da rede de Petri da Figura 10.

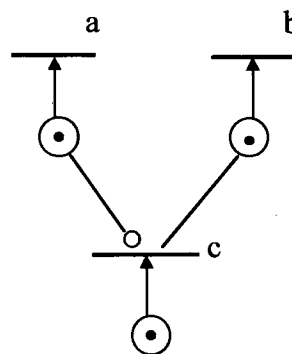


Figura 13: Rede contextual

O modelo de descrição de apresentações multimídia proposto neste capítulo baseia-se em uma subclasse das redes contextuais, justamente a classe de redes contextuais sem arcos de produção. Desta forma, os recursos - fichas – são degenerativos no sistema. Além disso, é tratado apenas o caso de marcações sem multiplicidade de fichas. A ausência de arcos de produção e de multiplicidade de fichas permitiram a elaboração de um tratamento matemático simplificado para esta subclasse de redes contextuais.

¹ Originalmente, são utilizados os termos “contexto negativo” e “contexto positivo” para o que chamamos aqui de relação então e enquanto-não, respectivamente.

Uma rede contextual (sem arcos de produção) é uma tupla

$$(L, T, \rightarrow, \text{então}, \text{enquanto-não})$$

onde:

- L é um conjunto finito de lugares,
- T é um conjunto finito de transições,
- $\rightarrow, \text{então}, \text{enquanto-não} \subseteq L \times T$ são relações entre lugares e transições representando os diferentes tipos de arcos ligando lugares a transições.

A distribuição de fichas nos lugares, *marcação*, é utilizada para determinar o estado do sistema. Neste modelo, uma marcação é definida como uma função de L em $\{0,1\}$ definindo um subconjunto sobre L ¹. Em geral, a marcação inicial é o próprio conjunto L estabelecendo que todos os lugares iniciam com uma ficha. Cada lugar em L , representa uma condição associada ao disparo de uma transição amarrada ao lugar via um arco \rightarrow .

A seguir são apresentadas algumas definições relacionadas a este modelo.

Definição 1. Para qualquer $t \in T$,

$${}^*t \stackrel{def}{=} \{q \in L \mid q \rightarrow t \ \& \ q \text{ enquanto-não } t\}$$

$${}^o t \stackrel{def}{=} \{q \in L \mid q \text{ então } t\}$$

Definição 2 (Transição habilitada). Uma transição t é dita habilitada em uma marcação M se e somente se

$$(i) \ {}^*t \cup M = M$$

os lugares associados a transição t através das relações \rightarrow e enquanto-não possuem fichas. Em outros termos, ${}^*t \subseteq M$.

$$(ii) \ {}^o t \cap M = \emptyset$$

os lugares associados a transição t através da relação então não possuem fichas.

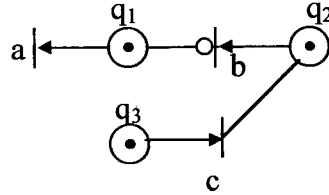
¹ Para as redes de Petri em geral, a marcação é um multiconjunto sobre L , isto é, uma função de L sobre os naturais.

Exemplo 1

$$L = \{q_1, q_2, q_3\}$$

$$T = \{a, b, c\}$$

$$M = L$$

**Figura 14: Transição habilitada**

No exemplo da Figura 14, apenas as transições a e c estão habilitadas em M , pois

Para $t = a$,

$$\bullet t = \{q_1\}$$

$${}^o t = \emptyset$$

\therefore (i) e (ii) são satisfeitas.

Para $t = b$,

$$\bullet t = \{q_2\}$$

$${}^o t = \{q_1\}$$

\therefore (i) é satisfeita e (ii) não, pois ${}^o t \cap M \neq \emptyset$

Para $t = c$,

$$\bullet t = \{q_2, q_3\}$$

$${}^o t = \emptyset$$

\therefore (i) e (ii) são satisfeitas.

Definição 3 (Disparo)

Para cada transição $t \in T$, uma nova marcação M' é obtida através do disparo de t , em símbolos,

$$M[t] M'$$

se e somente se

(i) t é habilitada em M .

(ii) $M' = \{q \in M \mid q \not\rightarrow t\}$

No exemplo da Figura 14, ocorrendo o disparo da transição a obtém-se a marcação $M' = \{q_2, q_3\}$ representada na Figura 15. Com a marcação M' as transições b e c ficam habilitadas. Caso ocorra o disparo da transição b , a nova marcação será $M'' = \{q_3\}$. Com M'' a transição c fica desabilitada, pois a condição (i) da Definição 2 não é satisfeita. Se na marcação M' ocorrer o disparo da transição c , a nova marcação será $M''' = \{q_2\}$. Com M''' a transição b continua habilitada.

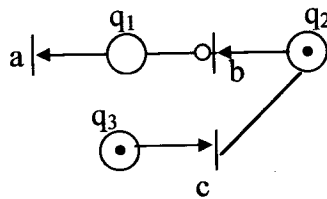


Figura 15: Mudança de estado

Três situações básicas de comportamento, estilizadas na Figura 16, podem ser construídas a partir deste modelo.

- *Dependência Causal*: Figura 16 (a).

O disparo da transição b depende do disparo da transição a .

- *Conflito assimétrico*: Figura 16 (b)

A transição b poderá ser disparada enquanto a transição a não o for. Entretanto, o disparo de a independe do disparo de b . Representa uma situação intuitivamente similar à causalidade NOT dos autômatos causais.

- *Conflito (simétrico)*: Figura 16 (c).

O disparo da transição a desabilita o disparo da transição b e vice-versa. Descreve uma situação de conflito entre eventos.

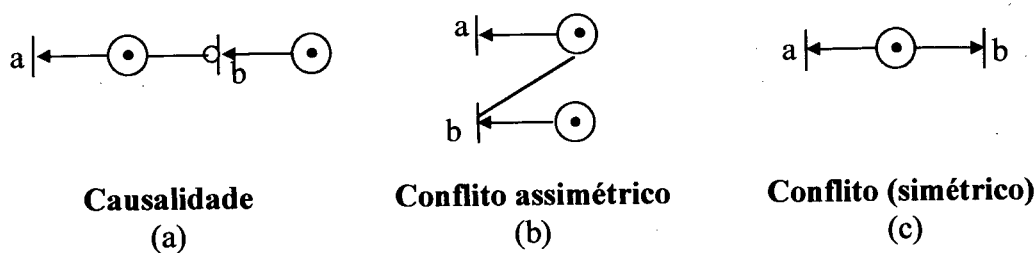


Figura 16: Situações básicas de comportamento

Nesta subclasse de redes contextuais, os lugares são utilizados apenas para fornecer a informação sobre o disparo de transições. Cada lugar é amarrado a um conjunto (eventualmente vazio) de transições por arcos do tipo “→”. O disparo de qualquer transição modifica o estado (consumo de fichas) dos lugares aos quais a transição está amarrada por arcos →. Dessa forma, as associações do tipo então podem ser obtidas por arcos “→” e as associações do tipo enquanto-não por arcos “—”. É interessante observar que situações de conflito tais como a da Figura 16 (c) podem ser representadas equivalentemente através de associação do tipo enquanto-não da forma como é apresentada pela Figura 17.

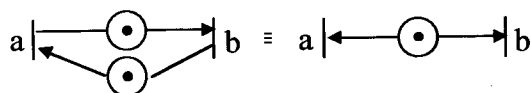


Figura 17: Conflito

No modelo proposto, todos os arcos são relações do tipo Lugar x Transição. Operacionalmente, o único arco que consome fichas é o arco “→”, o arco “—o” têm a operação similar ao arco inibidor de redes de Petri e o arco “—” indica apenas a necessidade de uma ficha, isto é, não há consumo.

Exemplo 2

A rede contextual da Figura 18 representa a operação de divisão (x / y). Após a leitura do valor de x e de y , se $y \neq 0$ o sistema mostra o resultado da divisão de x por y , senão mostra uma mensagem do tipo “Erro: divisão por ZERO!”. Operacionalmente falando, as transições ‘ x / y ’ e “Erro: divisão por ZERO!” só podem disparar depois que

os lugares relacionados a elas por arcos então estiverem vazios. O disparo das transições '*leia x, y*', '*y ≠ 0*', '*y = 0*' consomem as fichas dos lugares relacionados a estas transições por arcos \rightarrow . Existe uma situação de conflito entre as transições '*y ≠ 0*' e '*y = 0*'. Portanto apenas uma das duas transições pode disparar.

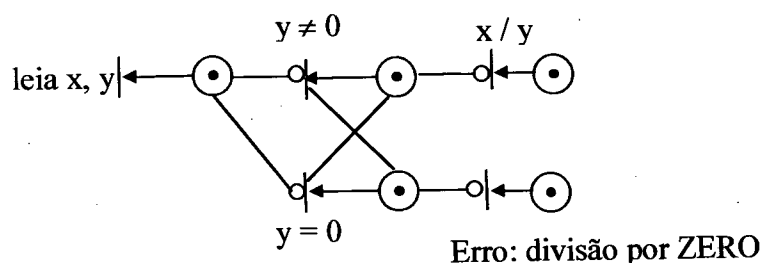


Figura 18: Operação de divisão

Exemplo 3

A Figura 19 especifica uma apresentação na qual a transição *InicioAudio* depende da ocorrência das transições *Texto* e *Imagem1*. *FimAudio* depende do *InicioAudio*. Após o fim do áudio as imagens 2 e 3 podem ser apresentadas em sequência desde que o usuário não saia da apresentação (disparo da transição *Usuário*). O usuário só pode interagir com o sistema após o fim do áudio e enquanto a *Imagem3* não é apresentada. É interessante observar que a interação do usuário está em conflito assimétrico (relação enquanto-não) com a transição *Imagem2* e em conflito (simétrico) com o evento *Imagem3*. Desta forma, se a transição *Usuário* for disparada as transições *Imagem2* e *Imagem3* jamais ficarão habilitadas assim como após o disparo de *Imagem3* a transição *Usuário* não poderá ser disparada.

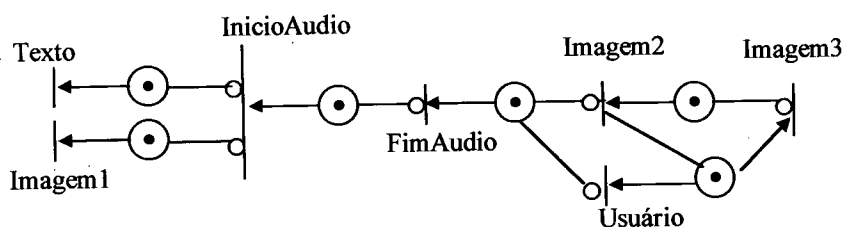


Figura 19: Um exemplo de apresentação multimídia interativa

3.3 Representando restrições temporais

No capítulo 2, vimos que a especificação de apresentações multimídia exige a utilização de mecanismos que permitam a descrição de restrições temporais. O modelo introduzido na seção precedente permite apenas descrever a ordenação temporal entre eventos. Pretende-se agora definir uma extensão das redes contextuais tendo o tempo como um parâmetro quantificável, também denominado de tempo físico [4], associado diretamente ao controle operacional do modelo.

Restrições temporais entre o disparo das transições são introduzidas a partir de um mecanismo que associa a cada lugar um relógio que é inicializado no momento em que a transição (ou uma das transições) associada ao lugar por um arco de consumo (“→”) é disparada. O modelo resultante é chamado aqui de *redes contextuais temporizadas*.

3.3.1 Sistemas temporizados [14]

Em um sistema temporizado, o estado de cada componente é definido em função de um domínio de tempo apropriado D munido de uma operação binária $+$ que tem essencialmente a propriedade de adição de números não negativos.

Um *domínio de tempo* é um monóide comutativo $(D, +, 0)$ satisfazendo a seguinte condição:¹

- a pré-ordem $\leq \subseteq D \times D$ definida por

$$d \leq d' \Leftrightarrow \exists d'': d + d'' = d'$$

é uma ordem total.

Um domínio de tempo D é chamado discreto se

$$\forall d \exists d': d < d' \wedge \forall d'': d < d'' \Rightarrow d' \leq d''$$

Sendo a ordem $\leq \subseteq D \times D$ total, d' tal que $d < d'$ e $\forall d'': d < d'' \Rightarrow d' \leq d''$ é único e é chamado sucessor de d , denotado por $\text{succ}(d)$. Também, para qualquer d, d' , se $d \leq d'$ então

¹ Um monóide $(D, +, 0)$ é uma estrutura algébrica definida por um conjunto D , uma operação binária associativa $+: D \times D \rightarrow D$ e um elemento distinguido $0 \in D$ atuando como elemento neutro. Caso a operação $+$ seja comutativa, o monóide é dito então comutativo ou Abeliano:

o elemento d'' tal que $d + d'' = d'$ é único. Uma importante propriedade dos domínios discretos é que para qualquer $d \in D$, $\text{succ}(d) = d + \text{succ}(0)$. Isto é, qualquer elemento de D pode ser obtido de 0 pela adição de quantos $\text{succ}(0)$ forem necessários.

Quando o sistema está em um estado S e não executa nenhuma ação durante um período de tempo d então o comportamento resultante é completamente determinado por S e d . Em outras palavras, *o progresso do tempo é determinístico*. Esta propriedade é formalizada da seguinte maneira:

- Para qualquer estado S, S', S'' e para qualquer $d \in D$,

$$S \xrightarrow{d} S' \ \& \ S \xrightarrow{d} S'' \Rightarrow S' = S''$$

Para garantir a validade da noção de tempo é geralmente requerido que um sistema que pode permanecer $d + d'$ unidades de tempo sem executar nenhuma ação, também pode ficar ocioso d unidades de tempo mais d' unidades de tempo ou vice-versa e, em ambos os casos, o comportamento resultante será o mesmo. Esta propriedade é chamada de *aditividade do tempo* e pode ser definida da seguinte forma:

- Para qualquer estado S, S' e para qualquer $d, d' \in D$, existe S'' tal que

$$S \xrightarrow{d} S'' \ \& \ S'' \xrightarrow{d'} S' \Rightarrow S \xrightarrow{d+d'} S'$$

O domínio de tempo D do modelo proposto é discreto e será representado pelo conjunto dos números naturais. Neste caso, a pré-ordem \leq é a relação de menor ou igual sobre os naturais.

Por último, deve-se garantir prioritariamente que a evolução do tempo não interfira na evolução espacial do sistema. A possibilidade da ocorrência de eventos deve ser esgotada antes de qualquer evolução temporal. Esta propriedade é chamada de *máximo progresso*.

3.3.2 Definindo restrições temporais

As restrições temporais possibilitam a especificação do não determinismo temporal em esquemas de sincronização. O tempo considerado no modelo é abstrato, pois é utilizado

como um parâmetro para expressar restrições sobre instantes de ocorrência das ações. A realização de tais restrições levando em conta a velocidade e o tempo de execução de processadores é um pensamento separado. Esta distinção entre tempo abstrato e tempo concreto é importante para permitir simplificações convenientes ao nível conceitual.

A seguir serão introduzidas algumas definições para a formalização de restrições temporais no modelo proposto.

Definição 4 (Predicados de restrição temporal)

Seja (D, \leq) um domínio de tempo e X um conjunto finito de relógios. Um predicado de restrição temporal sobre X é qualquer termo que pode ser derivado do seguinte sistema de inferência:

$$\frac{}{\text{false}} \quad \frac{}{\text{true}} \quad \frac{}{a \leq b} \quad a, b \in D \cup X \quad \frac{p \quad q}{p \wedge q}$$

As simplificações notacionais habituais tais como:

$$a = b \Leftrightarrow a \leq b \wedge b \leq a$$

$$a \geq b \Leftrightarrow b \leq a$$

$$a \leq b \leq c \Leftrightarrow a \leq b \wedge b \leq c$$

são implicitamente consideradas.

Definição 5

A extensão temporizada do modelo considera que cada transição $t \in T$ é associada a um predicado de restrição temporal sobre ${}^o t \stackrel{\text{def}}{=} \{q \in L \mid q \text{ então } t\}$ denotado por $P(t)$. Cada lugar $q \in {}^o t$ funciona como um relógio que registra a passagem do tempo após o disparo de alguma transição amarrada a q por um arco \rightarrow . Desta forma, uma transição habilitada t pode ser disparada se as leituras dos relógios em ${}^o t$ permitirem a avaliação verdadeira de $P(t)$.

Notação Gráfica

Na representação gráfica do modelo, os arcos do tipo então são amarrados (por proximidade) a símbolos gráficos (em geral letras) servindo de identificação gráfica do lugar associado ao arco. É suposto que para qualquer $t \in T$, os lugares em ${}^{\circ}t$ são univocamente identificados.

O conceito de marcação precisa ser modificado para incluir a noção de passagem do tempo.

Definição 6 (Marcação)

Uma marcação é um par (M, δ) onde $M \subseteq L$ e $\delta: L \rightarrow D_{\perp}$ é uma função associando a todo lugar $q \in L$ um tempo $\delta(q) \in D_{\perp}$ onde

$$D_{\perp} = D \cup \{\perp\}$$

tal que $\perp \notin D$ é um elemento distinguido indicando que o relógio associado ao lugar ainda não foi inicializado (tempo indefinido).

A avaliação do predicado $P(t)$ associado a uma transição $t \in T$, denotada por

$$\lceil P(t) \rceil_{\delta}$$

é feita substituindo-se cada lugar $q \in {}^{\circ}t$ por $\delta(q)$.

Definição 7 (Habilitação de transição)

Uma transição t é dita habilitada em uma marcação M se e somente se

- (i) ${}^{\circ}t \cup M = M$
- (ii) ${}^{\circ}t \cap M = \emptyset$
- (iii) $\lceil P(t) \rceil_{\delta}$ é verdadeiro

Definição 8 (Disparo)

Levando-se em consideração as restrições temporais, para cada transição $t \in T$, uma nova marcação M' é obtida através do disparo de t . Os relógios dos lugares relacionados a transição t por arcos \rightarrow são inicializados. Em símbolos,

$$M, \delta [t] M', \delta'$$

se e somente se,

- (i) t é habilitada em M .
- (ii) $M' = \{q \in M \mid q \nrightarrow t\}$
- (iii) $\forall q \in L$,

$$\delta'(q) = \begin{cases} 0 & \text{se } q \rightarrow t \\ \delta(q) & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A evolução no tempo (um click nos relógios inicializados) é fornecida pela relação [1] sobre marcações de modo que

$$M, \delta [1] M, \delta^+$$

onde para qualquer $q \in L$,

$$\delta^+(q) = \begin{cases} \perp & \text{se } \delta(q) = \perp \\ \delta(q) + 1 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

se e somente se, para toda transição habilitada $t \in T$,

$$[P(t)] \delta^+ \text{ é verdadeiro}$$

Dessa forma, não é permitido que a passagem do tempo possa inibir o disparo de qualquer transição (propriedade de máximo progresso).

Notação

$$C [n] C' \Leftrightarrow C [1] C_1 [1] C_2 \dots C_{n-1} [1] C_n = C'$$

A semântica operacional de uma rede contextual temporizada é dada pelo *sistema de transição temporizado* definido pela multirelação induzida pelas relações $[t]$ e $[1]$ sobre marcações.

Três exemplos são apresentados a seguir. Um exemplo introdutório clássico (exemplo 3) e outros dois aplicados ao domínio de apresentações multimídia interativas (exemplos 4 e 5).

Exemplo 4

Considera-se uma máquina de venda automática apresentando o seguinte comportamento [22]:

- Após inserir uma moeda o usuário pode escolher café, chá ou desistir da operação. Se o usuário não efetuar nenhuma escolha dentro de 30 segundos a máquina automaticamente devolve a moeda encerrando a operação.
- Ao aceitar a moeda, a máquina demora 2 segundos para reconhecê-la e então habilitar a escolha entre café ou chá. Em outras palavras, por 2 segundos os botões de escolha ficarão bloqueados.

A descrição do problema é apresentada na Figura 20.

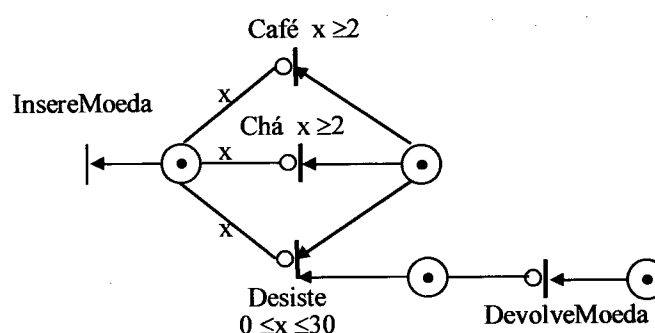


Figura 20: Máquina de vendas

Observe que as transições *Chá* e *Café* só estarão habilitadas 2 segundos após o disparo da transição *InsereMoeda*. Por outro lado, a transição *Desiste* é habilitada assim que a moeda é inserida e fica habilitada por 30 segundos. Caso o usuário não faça nenhuma escolha e não desista espontaneamente neste período de tempo, graças a propriedade de máximo progresso, a máquina encerra a operação automaticamente devolvendo a moeda.

Exemplo 5

A Figura 21 especifica formalmente uma apresentação multimídia interativa cujo comportamento desejado está descrito na Tabela 1. Observe que o disparo de qualquer transição inicializa o relógio correspondente. Por exemplo, o disparo da transição *Início* inicializa o relógio associado as variáveis x e y pertencentes ao predicado das transições *Texto* e *Imagem1*. Do mesmo modo que o disparo da transição *Texto* inicializa o relógio associado à variável x pertencente ao predicado da transição *InícioAudio*.

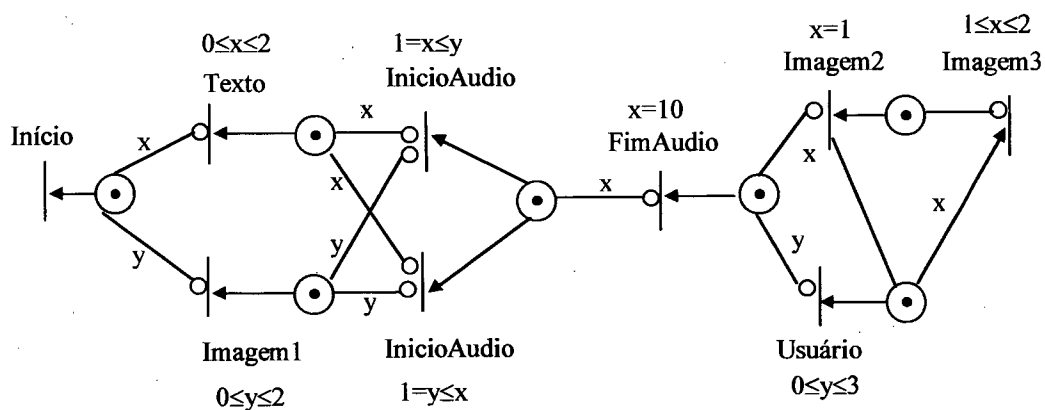


Figura 21: Apresentação multimídia com restrições temporais

Comportamento Desejado	Explicação da utilização do modelo
Após iniciada a apresentação o <i>Texto</i> e a <i>Imagem1</i> devem ser apresentados em no máximo 2 unidades de tempo.	As relações <i>Início então Texto</i> com $0 \leq x \leq 2$ e <i>Início então Imagem1</i> com $0 \leq y \leq 2$ especificam o comportamento desejado
Exatamente 1 unidade de tempo após a apresentação do último objeto (<i>Texto</i> ou <i>Imagem1</i>) será iniciado o áudio que tem uma duração de 10 unidades de tempo.	A relação [<i>Texto, Imagem1</i>] <i>então InícioAudio</i> com $1 = x \leq y$ representa a situação em que <i>Imagem1</i> dispara antes ou concomitantemente ao <i>Texto</i> . Já a relação [<i>Texto, Imagem1</i>] <i>então InícioAudio</i> com $1 = y \leq x$ representa a situação em que <i>Imagem1</i> dispara depois ou concomitantemente ao <i>Texto</i> . A Figura 22 e a Figura 23 mostram 2 possibilidades de ocorrência de <i>Texto</i> e <i>Imagem1</i> utilizando uma linha de tempo. A relação <i>InícioAudio então FimAudio</i> com $x=10$ representa a duração do áudio.
O usuário pode finalizar a apresentação a qualquer momento após o fim do áudio (<i>FimAudio</i>) e enquanto a <i>Imagem3</i> não é apresentada.	As relações <i>Imagem2 enquanto-não Usuário, FimAudio então Usuário</i> com $0 \leq y \leq 3$ e o conflito entre as transições <i>Usuário</i> e <i>Imagem3</i> especificam o comportamento desejado.
Caso a apresentação não seja finalizada, a <i>Imagem2</i> é apresentada exatamente 1 unidade de tempo após o fim do áudio e na sequência será apresentada a <i>Imagem3</i> entre 1 e 2 unidades de tempo após a apresentação de <i>Imagem2</i> .	Este comportamento é especificado através das relações <i>FimAudio então Imagem2</i> com $x=1$ e <i>Imagem2 então Imagem3</i> com $1 \leq x \leq 2$.

Tabela 1: Apresentação multimídia com restrições temporais

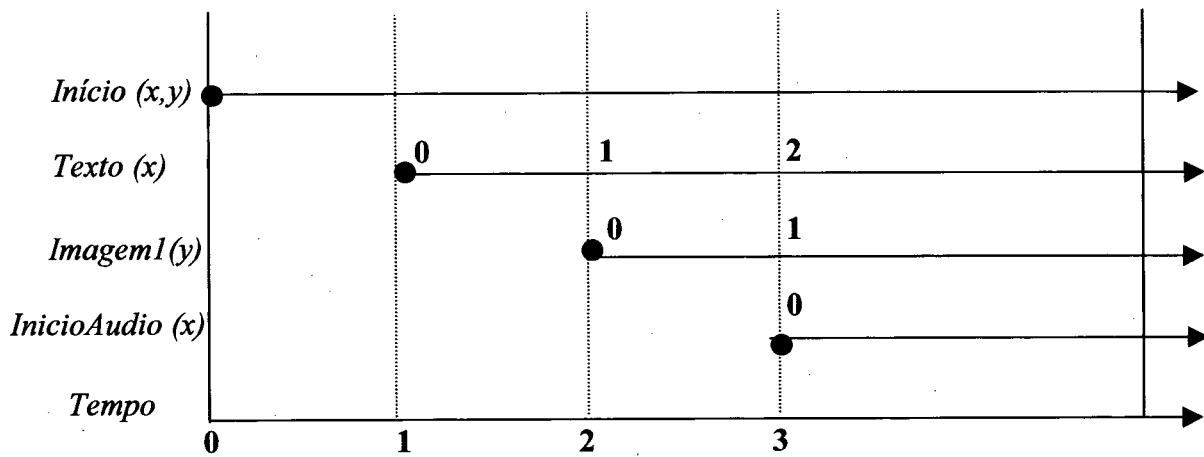


Figura 22: *Texto* é disparado 1 unidade de tempo antes de *Imagem1*.

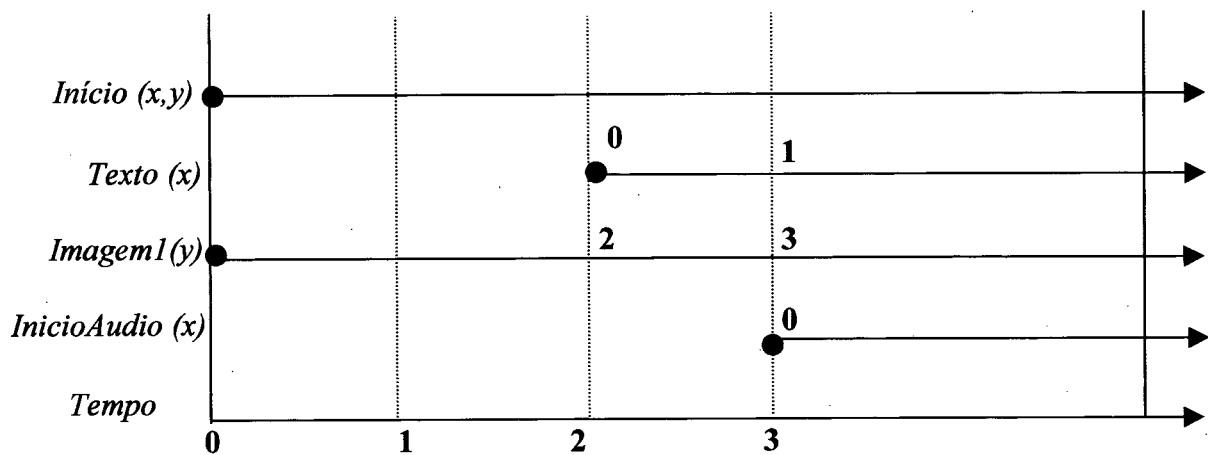


Figura 23: *Texto* é disparado 2 unidades de tempo depois de *Imagem1*.

A partir da semântica operacional definida para redes contextuais temporizadas obtemos o sistema de transição temporizado (STT) apresentado na Figura 24. A parte superior deste STT (estados S_1 - S_{12}) representa todas as possibilidades de ocorrência das ações *Imagem1* e *Texto* antes da ocorrência da ação *InícioAudio*. A parte inferior, representa todas as possibilidades de interação do usuário. Observe que o mapeamento das ações da apresentação (transições da rede contextual temporizada) em transições rotuladas do STT é direto, já que, os rótulos do STT têm o mesmo nome dos eventos da apresentação.

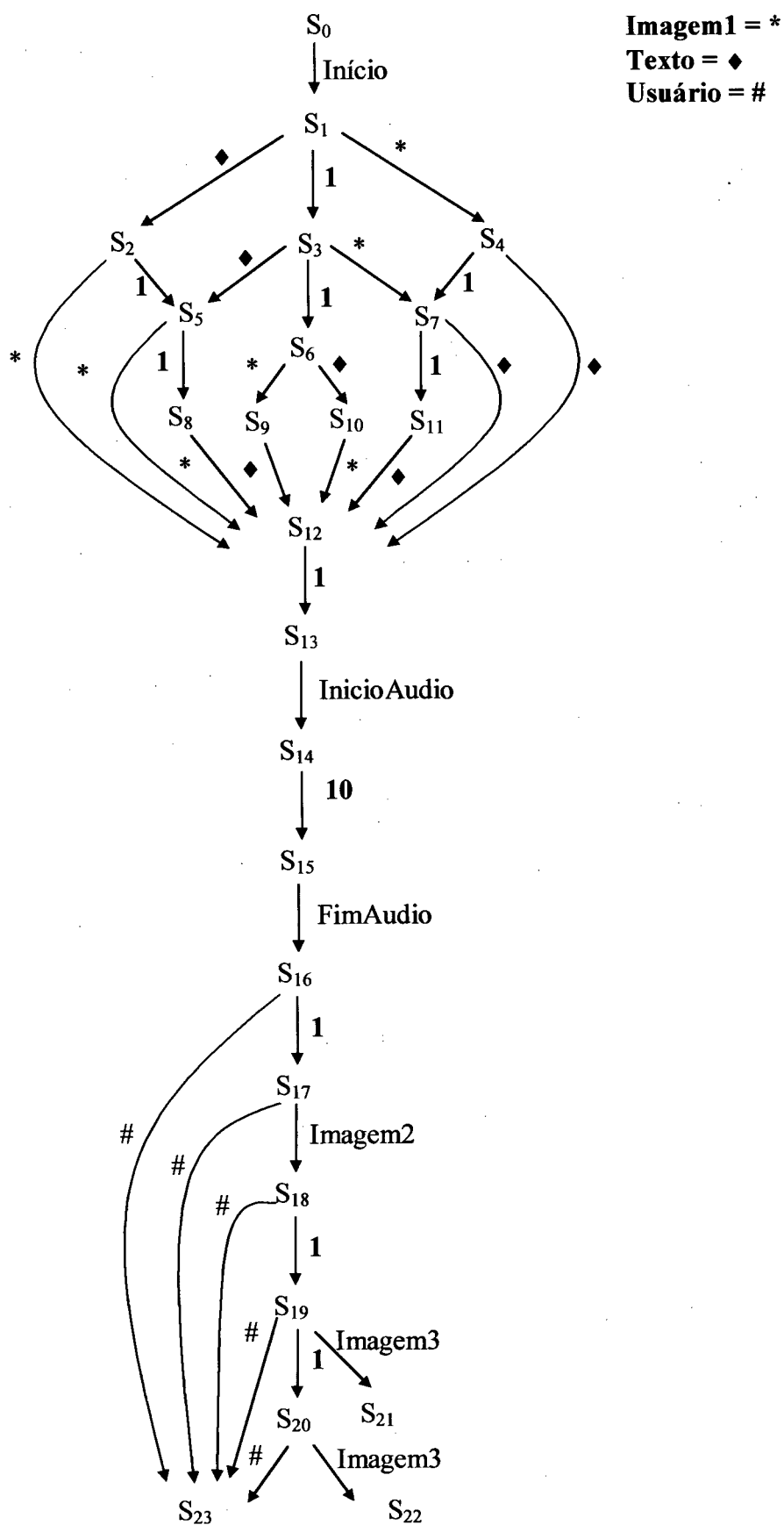


Figura 24: Sistema de Transição Temporizado do Exemplo 4

Exemplo 5

O exemplo da Figura 2 do Capítulo 2 é especificado na Figura 25. O usuário pode interagir durante a animação parcialmente comentada, interrompendo-a, ou imediatamente após o fim da animação.

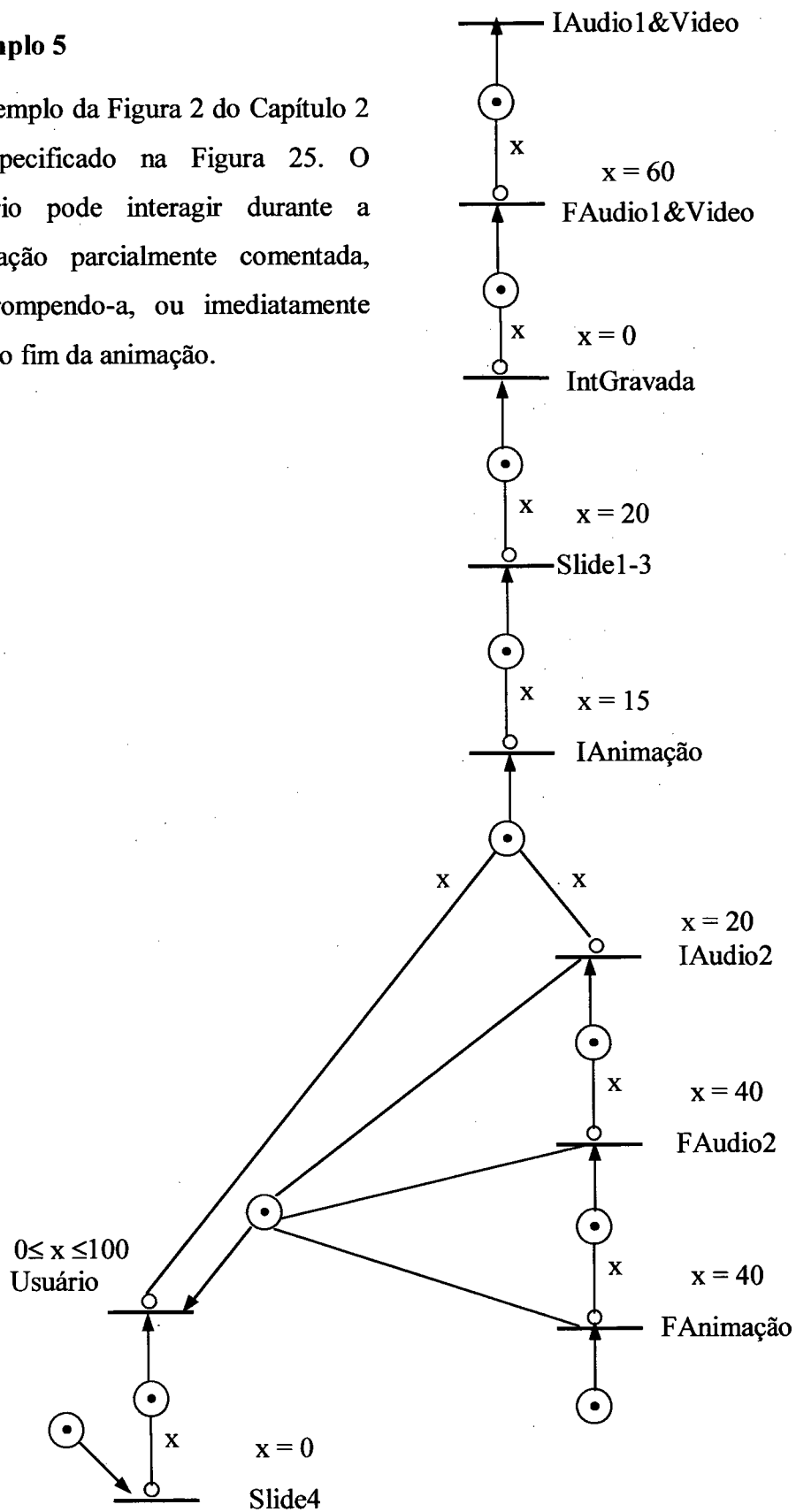


Figura 25: Exemplo da Figura 2 do Capítulo 2

3.4 Conclusões

Este capítulo dedicou-se a proposição de um modelo de descrição formal onde o comportamento concorrente de um sistema é especificado a partir de relações do tipo então e enquanto-não descrevendo restrições contextuais pelas quais o sistema evolui. Vimos que essas relações podem ser concretamente representadas na forma de uma subclasse de redes contextuais, justamente as redes contextuais sem arco de produção. Uma extensão temporal deste modelo, as redes contextuais temporizadas, foi proposta por intermédio de predicados definindo relações temporais sobre as ações ocorrendo no sistema.

A aplicação do modelo à descrição do comportamento de apresentações multimídia interativas foi avaliada em alguns exemplos. Vimos que esquemas de sincronização de mídia relativamente complexos podem ser descritos de forma bastante simplificada.

Apesar disso, o modelo na forma como foi proposto aqui apresenta ainda uma série de restrições importantes. Em particular, a impossibilidade de modelar ciclos em apresentações multimídia. Tal restrição pode ser solucionada através do tratamento de arcos de produção. Neste caso, adiciona-se um novo parâmetro associado a operação dos relógios e, conseqüentemente, ao tratamento semântico que é dado aos predicados de restrições temporais: a produção de fichas. Dependendo do modo pelo qual os relógios são criados e inicializados, diferentes cenários semânticos podem ser imaginados. Essa é justamente uma das linhas de continuação deste trabalho. O tratamento de marcações com multiplicidade de fichas também é relacionado a este problema.

4. FERRAMENTA PARA EDIÇÃO E SIMULAÇÃO

Foram desenvolvidas duas ferramentas para a avaliação das redes contextuais temporizadas: um editor gráfico e um simulador. As ferramentas são simples e têm o objetivo de validar as redes contextuais temporizadas através da especificação e simulação de exemplos. Este capítulo é apresentado da seguinte maneira.

- A primeira seção apresenta uma breve introdução da problemática envolvida.
- A segunda seção apresenta aspectos relacionados a utilização e funcionalidade do editor gráfico.
- A terceira seção discute aspectos relacionados a utilização e funcionalidade do simulador e mostra um exemplo completo de simulação interativa.
- A quarta seção enfoca aspectos de realização.
- Por último, são apresentadas as conclusões do capítulo.

4.1 Introdução

A utilização de uma ferramenta gráfica torna o processo de especificação formal de um sistema mais acessível ao usuário final. No editor que foi desenvolvido, o usuário entra com a especificação gráfica de uma apresentação multimídia utilizando uma rede contextual temporizada. Ao final da edição, a especificação gráfica é traduzida em duas representações internas armazenadas em bases de dados.

Representação Abstrata

Codifica a definição formal da apresentação (L, T, \rightarrow , então, enquanto-não) a partir da representação gráfica e dos dados fornecidos pelo usuário. A semântica operacional definida no Capítulo 3 pode ser aplicada sobre a representação abstrata permitindo a simulação do comportamento de uma apresentação multimídia interativa.

Representação Gráfica

Codifica características gráficas da especificação tais como: ícone, posição, rótulo e identificação das transições, arcos e lugares. A representação gráfica permite a reconstrução e a simulação gráfica das redes contextuais temporizadas. Com a representação gráfica e abstrata armazenadas, a apresentação fica disponível para simulação.

Este capítulo detalha as ferramentas desenvolvidas e apresenta exemplos editados e simulados nas ferramentas.

4.2 Editor Gráfico

O editor gráfico apresentado na Figura 26 é uma ferramenta que permite ao usuário incluir lugares e transições relacionados pelos arcos \rightarrow , então e enquanto-não bem como atribuir predicados de restrição temporal às transições.

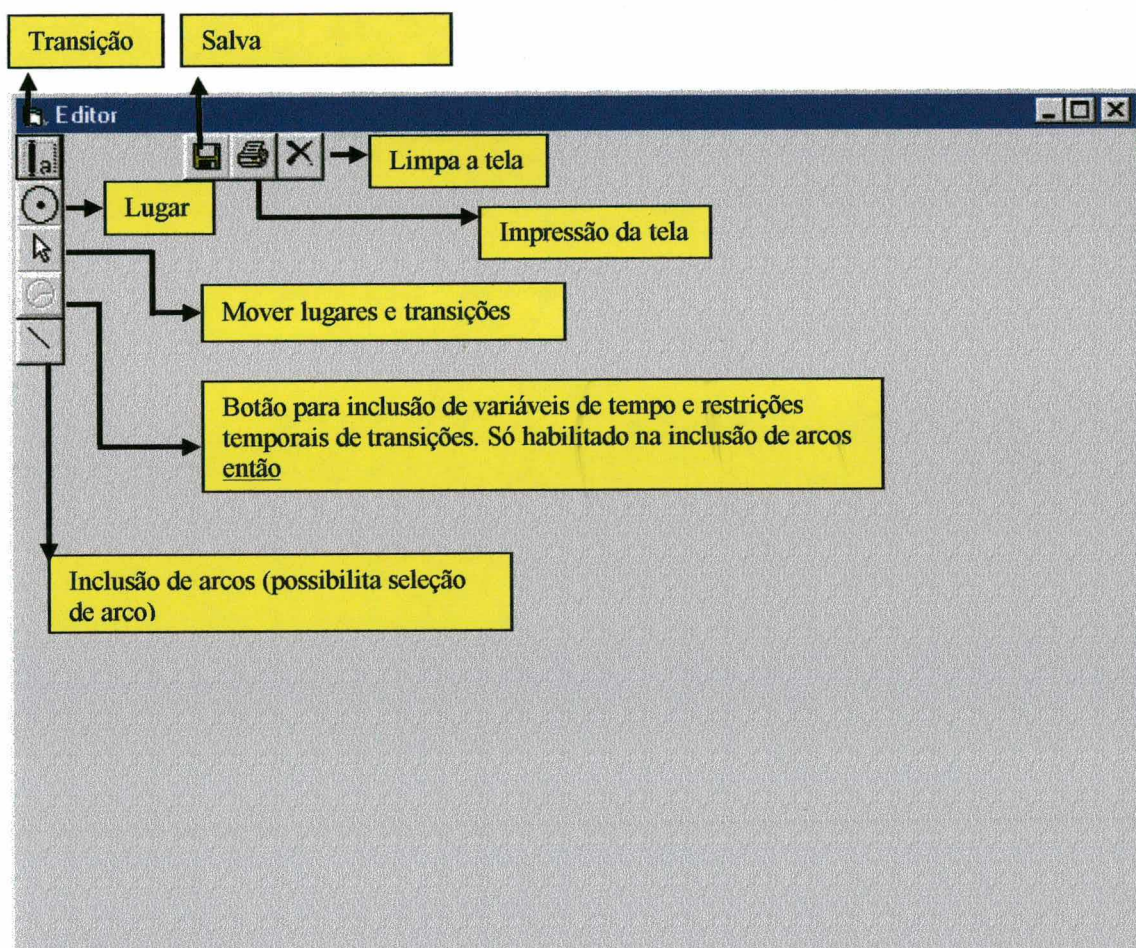


Figura 26: Editor gráfico do modelo proposto

Como observado na Figura 26, o editor é uma ferramenta simples cujos pontos de interação são botões de desenho para incluir transições, lugares, arcos e restrições temporais, selecionar e mover transições, lugares e rótulos associados além de botões para salvar, cancelar e imprimir a especificação.

Usando o editor gráfico

Para iniciar uma especificação o usuário deve inserir ao menos um lugar e uma transição. Para toda transição é requisitado um rótulo através do qual o usuário identificará tal transição, por exemplo, *Midial*. Isto não acontece com os lugares que são identificados apenas ao nível de aplicação. Um clique no botão de inclusão de arcos habilita o usuário a

fazer a escolha do arco desejado (\rightarrow ,então, enquanto-não) para relacionar um lugar a uma transição (Figura 27).

Ao redor de cada lugar ou transição existe uma área sensível que é identificada pelo usuário através da mudança de apontador do *mouse* (seta representa área normal e ampulheta representa área de identificação de lugar ou transição). Os arcos devem iniciar e terminar em áreas de identificação de lugar ou transição, caso contrário, é gerada uma mensagem de erro. Também não é admitida a ligação direta entre dois lugares ou duas transições. A Figura 27 mostra a mensagem de erro após a tentativa de relacionar diretamente dois lugares. A mensagem também é utilizada quando o arco não inicia e termina em áreas de identificação de lugar ou transição (representada pela área tracejada). Após a mensagem de erro, o arco em situação irregular é retirado e o usuário pode fazer as correções necessárias.

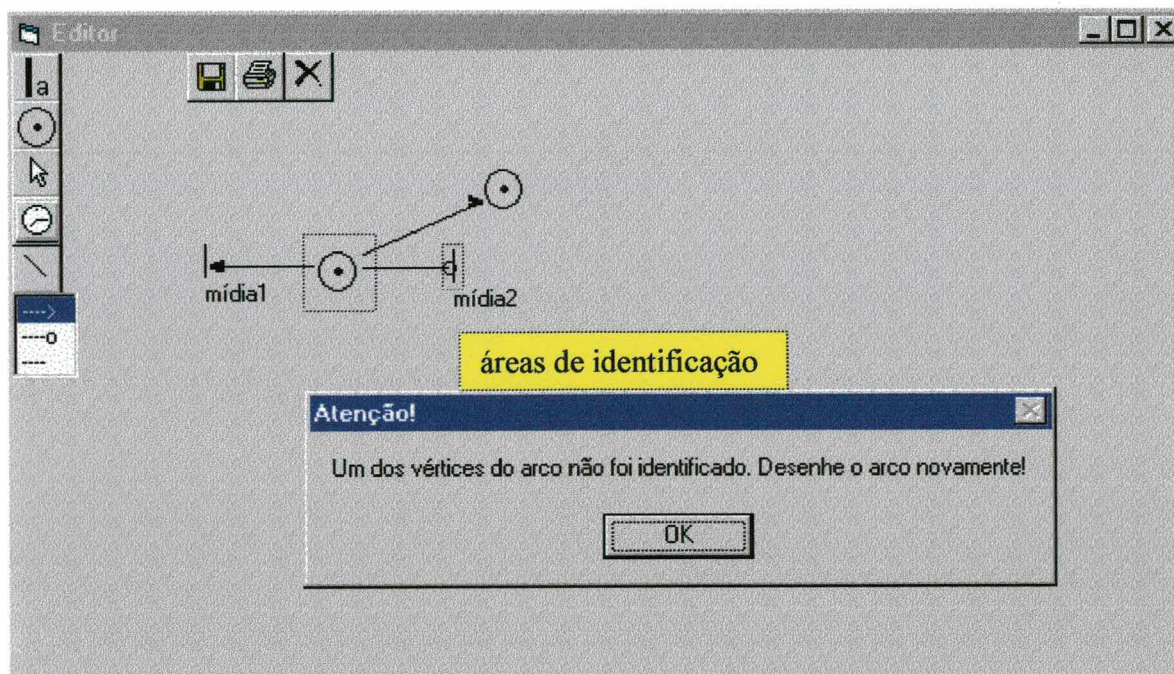


Figura 27: Aviso de erro

Como definido anteriormente, todo lugar possui um relógio inicializado imediatamente após o disparo das transições correspondentes. O botão cujo ícone é um relógio permite a inclusão de variáveis de tempo e restrições temporais em uma especificação. Após a inclusão de arcos então tal botão fica habilitado permitindo que uma variável de tempo ou um predicado de restrição temporal seja incluído. As variáveis de

tempo são pré-estabelecidas pelo sistema de acordo com o lugar associado representando a leitura dos relógios. As restrições temporais são predicados editados pelo usuário.

Quando mais de uma restrição é associada a mesma transição o sistema faz a interseção dos predicados associados utilizando um operador implícito “ \wedge ” representado pelo símbolo gráfico “&” como observado na Figura 28.

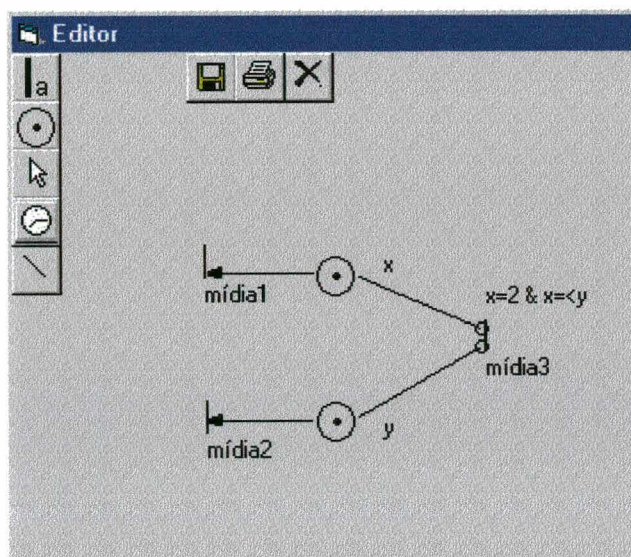


Figura 28: Inserindo restrição temporal

Para facilitar o processo de especificação gráfica foi adicionada a funcionalidade de movimentação ao botão cujo ícone é uma seta para permitir a movimentação de lugares, transições e os respectivos rótulos (variáveis de tempo, restrições temporais e identificação de transição) após a inclusão dos mesmos. Para tal, após clicar no botão de movimentação, o usuário deve selecionar o objeto a ser reposicionado.

Quando o usuário finaliza o processo de especificação gráfica da apresentação multimídia, ele deve salvar a apresentação em questão para que ela possa ser posteriormente simulada. O sistema requisita ao usuário uma descrição da rede para facilitar sua identificação já que inúmeras redes podem ser armazenadas.

Como mencionado anteriormente, o processo de armazenamento possui duas etapas: armazenamento de todos os atributos gráficos tais como: posição, texto (no caso de rótulos), tipo de ícone (no caso de lugares e transições), todos ligados a identificação da rede em questão e o armazenamento da definição formal do modelo. Tais bases de dados permitirão a simulação gráfica e textual das apresentações especificadas.

A Figura 29 mostra a edição do Exemplo 4 do Capítulo 3.

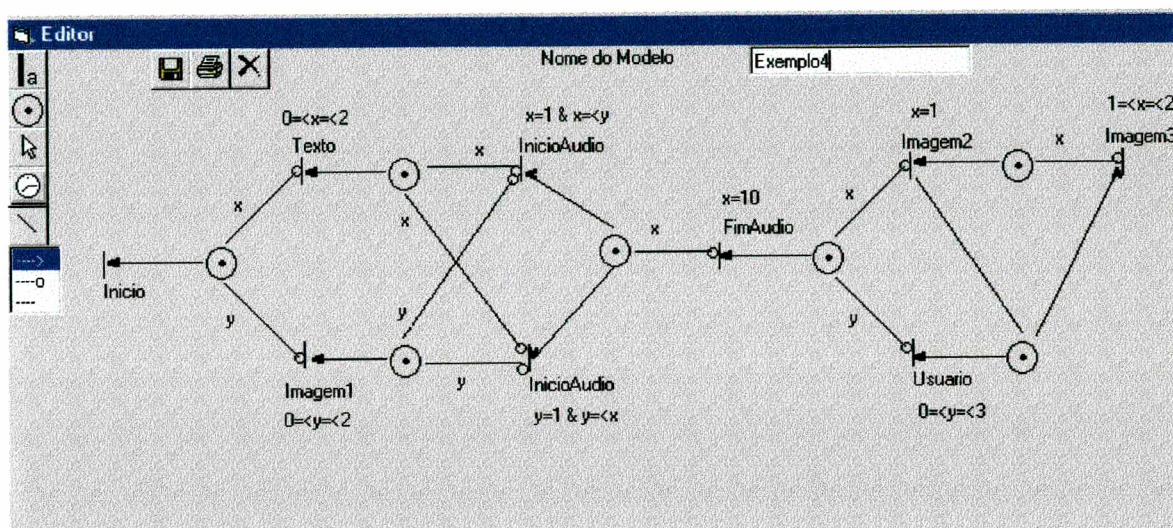


Figura 29: Edição do exemplo 4 do capítulo 3

4.3 Simulador

A ferramenta desenvolvida fornece ao usuário os meios para realização de uma simulação (interativa) de uma especificação. A simulação de uma apresentação multimídia é feita com base no sistema de transição temporizado gerado a partir da semântica operacional das redes contextuais temporizadas.

A Figura 30 apresenta a interface do simulador:

- Menu para abrir ou excluir especificações armazenadas nas bases de dados.
- Área para a representação e simulação gráfica da especificação simulada (esta área é formulada de acordo com o tamanho da especificação)
- Lista apresentando as transições habilitadas para a seleção do usuário. Esta lista é atualizada após cada interação do usuário.
- Lista apresentando todos os traços de simulação realizados sobre uma especificação.

- Botão para iniciar novo traço de simulação.

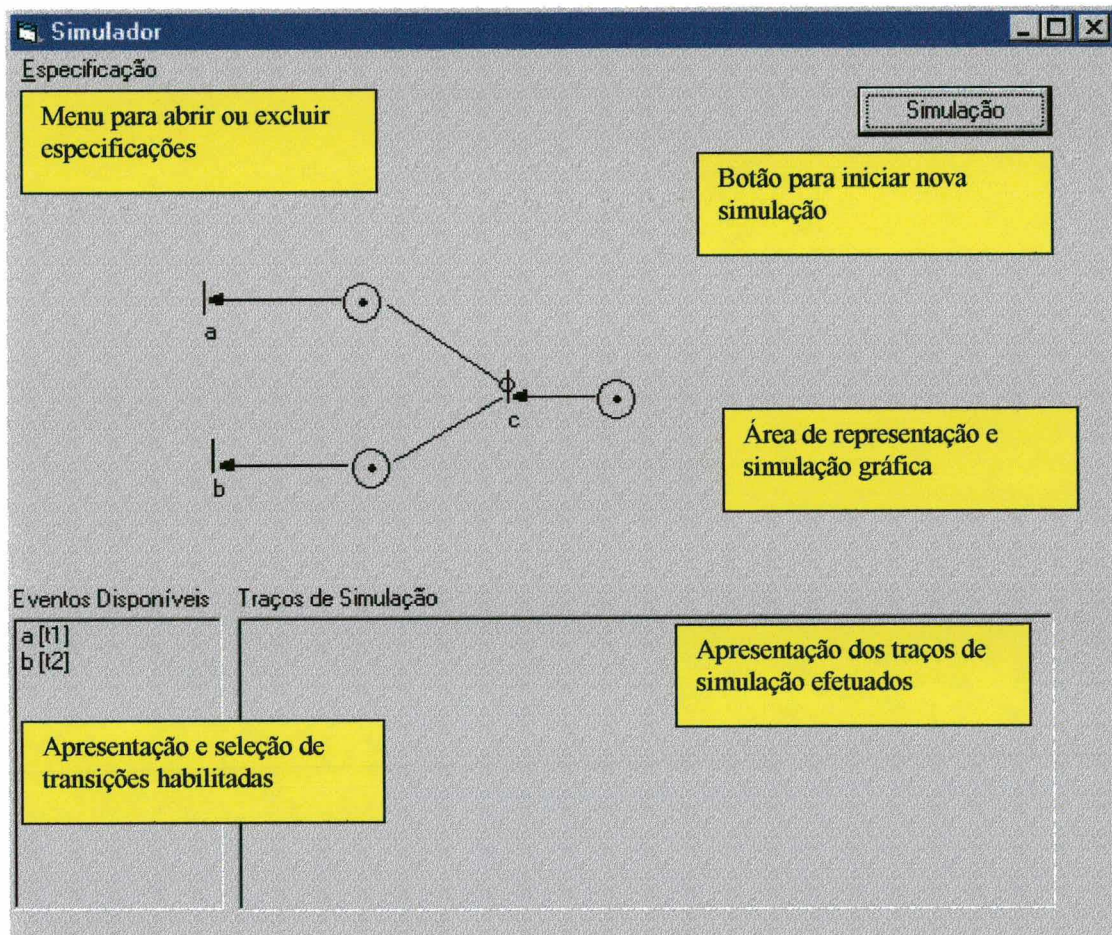


Figura 30: Simulador

Usando o simulador

Inicialmente o usuário precisa carregar a especificação desejada através do Menu: Especificação → Abrir. Como observado na Figura 31, o usuário também tem a opção de excluir uma especificação já existente.

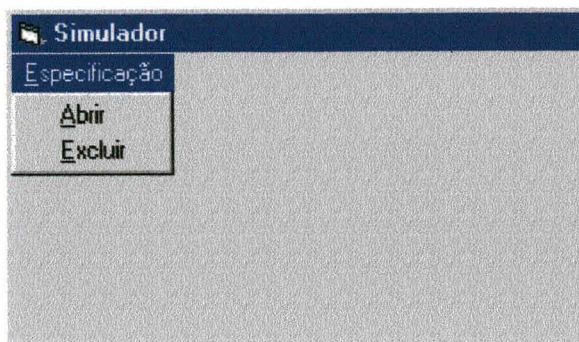


Figura 31: Abrindo uma especificação para ser simulada.

A Figura 32 apresenta o início da simulação do Exemplo 4 (capítulo 3). A única transição habilitada representa o início da apresentação. Após o disparo da transição *Início* [t1] a rede evolui para o estado apresentado na Figura 33.

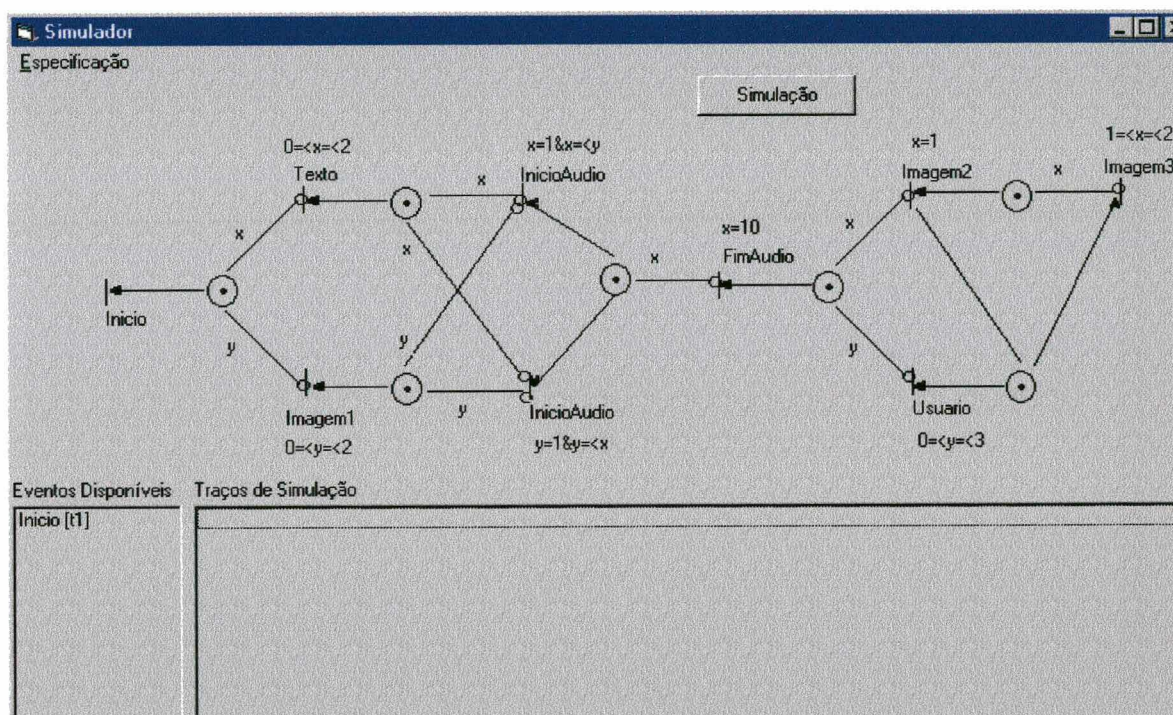


Figura 32: Início de uma simulação

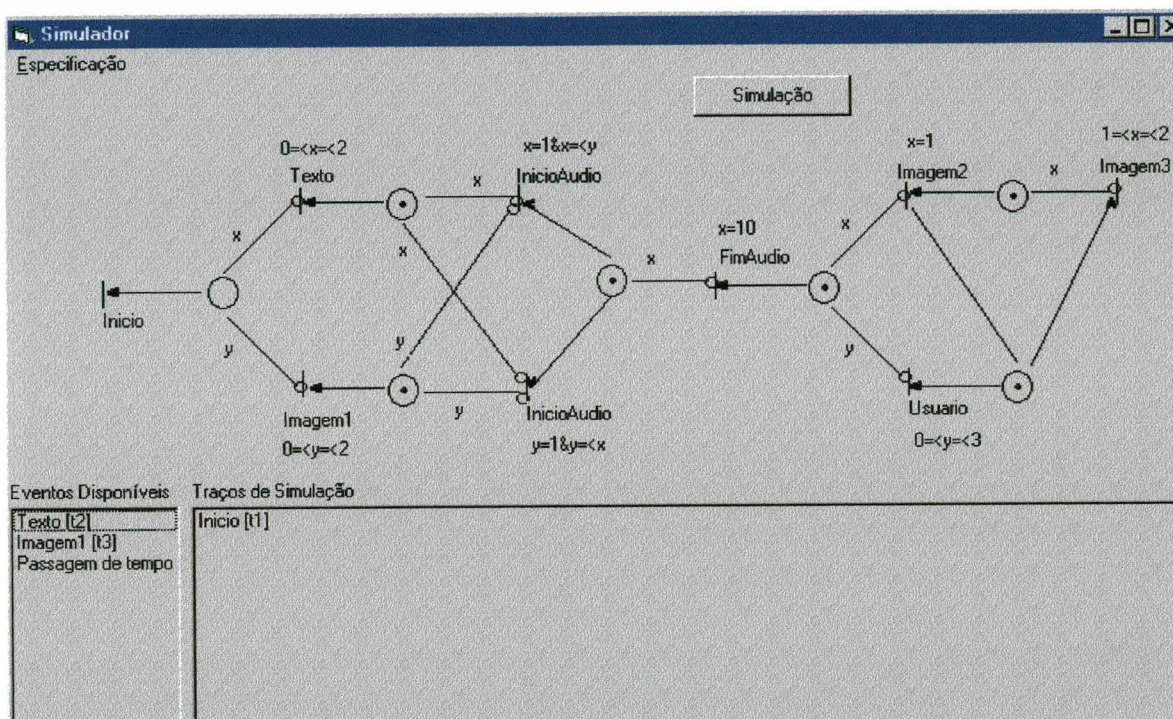


Figura 33: Simulação do Exemplo 4 do Capítulo 3 (traço 1-1)

Como pode ser observado, na simulação de uma apresentação, pode-se disparar uma transição habilitada (evento disponível) ou efetuar uma passagem do tempo (respeitada a propriedade de máximo progresso). Após disparar uma transição, o simulador atualiza o estado do sistema e apresenta as transições habilitadas neste novo estado. O sistema armazena a transição disparada no traço de simulação atual. Desta forma, possuirá um registro de todos os traços de simulação efetuados para uma apresentação multimídia.

Ao escolher a passagem do tempo, o sistema pede a quantidade de tempo e a representa no traço de simulação.

A Figura 34 apresenta a evolução da rede da Figura 33 após efetuada uma passagem do tempo seguida do disparo da transição *Texto* [t2] e uma nova passagem do tempo. Neste estado, devido a propriedade de máximo progresso, a passagem do tempo é bloqueada até que a transição *Imagem1* [t3] seja disparada.

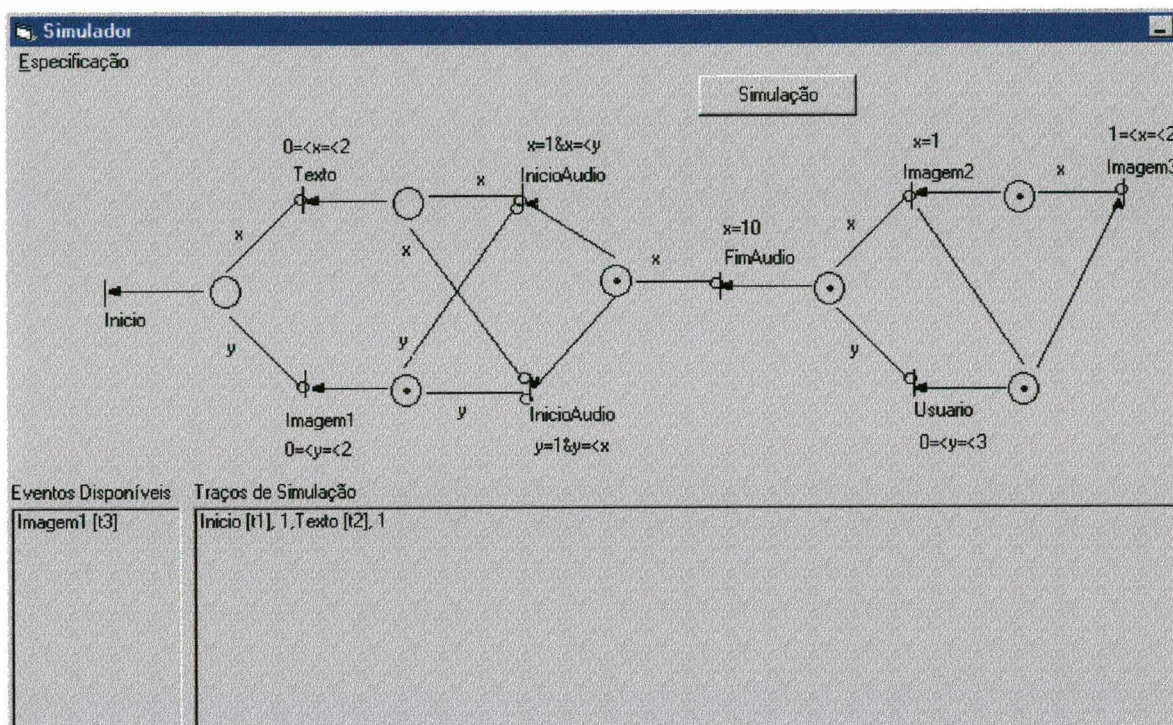


Figura 34: Simulação do Exemplo 4 do Capítulo 3 (traço 1-4)

Após o disparo da transição *Imagem1* [t3] nenhuma transição está habilitada até que se efetue uma passagem do tempo conforme observado na Figura 35.

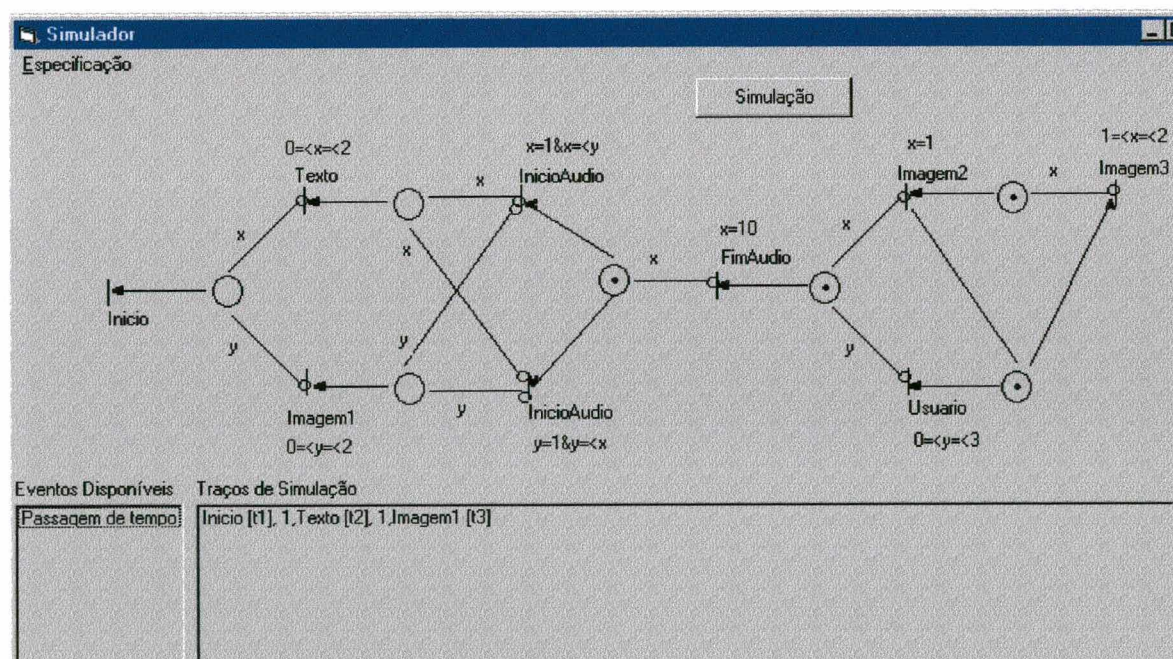


Figura 35: Simulação do Exemplo 4 do Capítulo 3 (traço 1-5)

Como a *Imagem1* foi disparada depois do *Texto*, após a passagem de tempo apenas a transição *InicioAudio* com restrição temporal $y=1 \ \& \ y \leq x$ é habilitada (Figura 36).

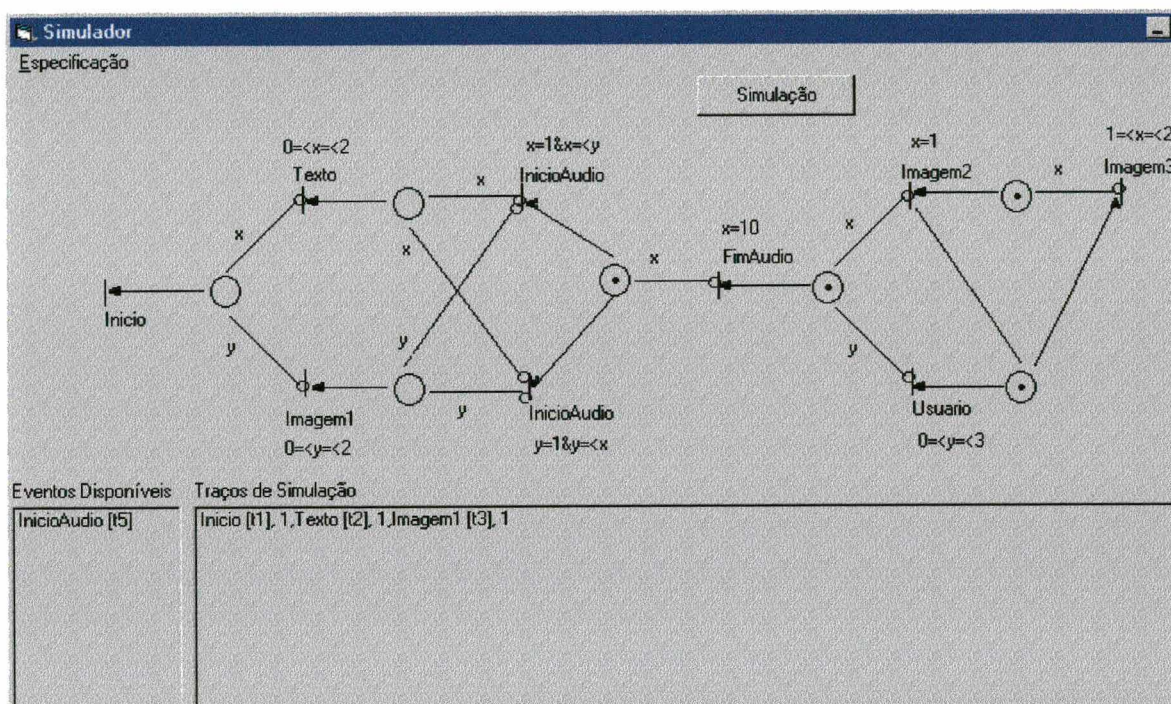


Figura 36: Simulação do Exemplo 4 do Capítulo 3 (traço 1-6)

A Figura 37, apresenta o primeiro traço de simulação e o início do segundo traço. Observe que no segundo traço de simulação o *Texto* foi disparado imediatamente após a *Imagem1*. Portanto tanto a transição *InicioAudio* [t4] quanto a transição *InicioAudio* [t5] estão habilitadas. Como ambas estão em conflito, após o disparo de uma delas, apenas a passagem do tempo estará disponível (Figura 38).

A Figura 39 apresenta vários traços de simulação realizados. Todos os traços estão de acordo com o sistema de transição temporizado da Figura 24 (Capítulo 3). Observe que a apresentação finaliza com a interação do usuário ou a apresentação da *Imagem3*. A interação do usuário realmente interrompe a apresentação inibindo qualquer disparo de transição.

A avaliação da restrições temporais e o comportamento concorrente estão em conformidade com a semântica definida para o modelo de redes contextuais temporizadas. Do ponto de vista do especificador a rede contextual temporizada da Figura 39 possui o comportamento desejado.

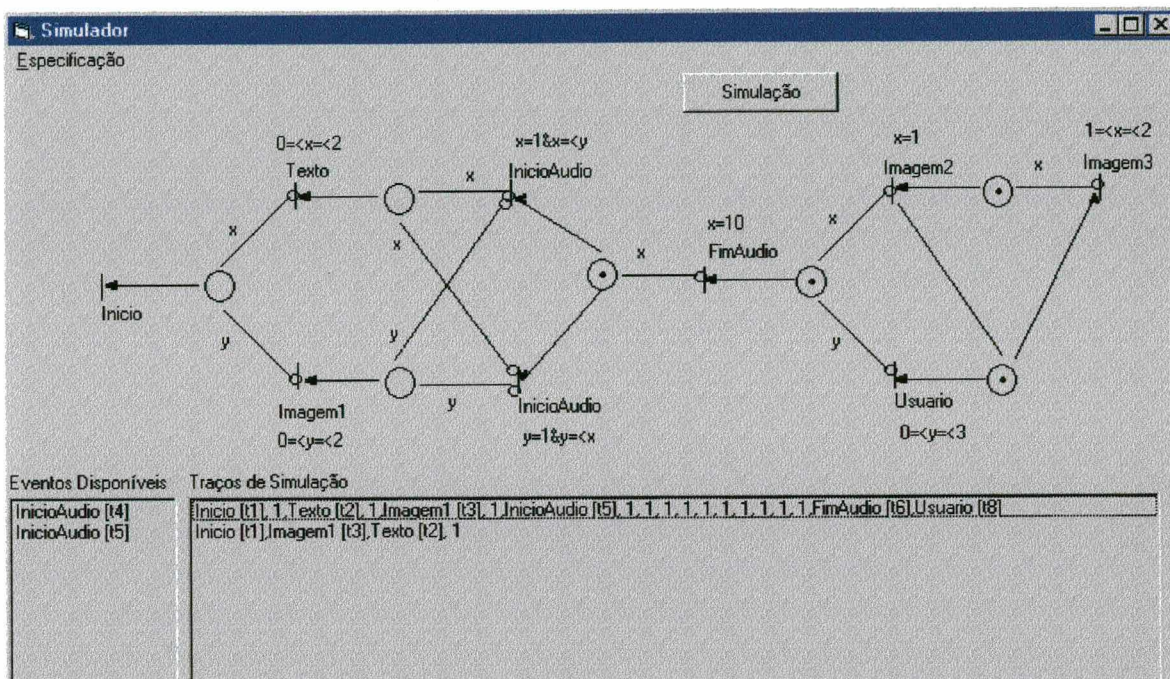


Figura 37: Simulação do Exemplo 4 do Capítulo 3 (traço 2-4)

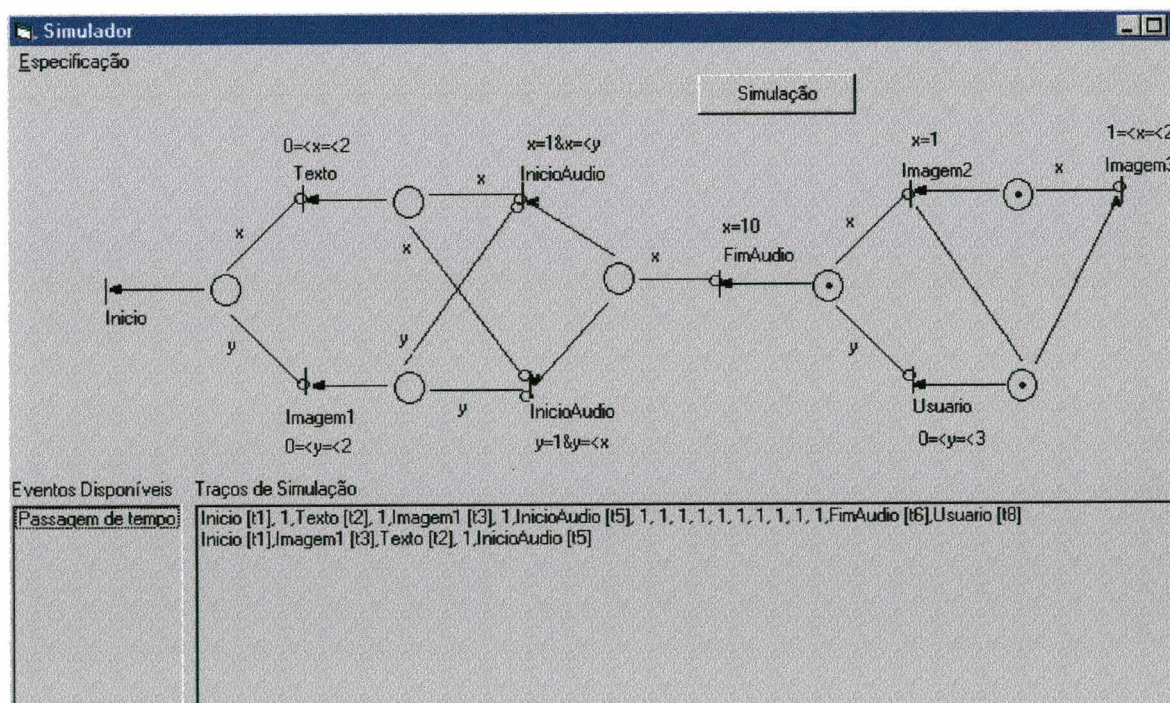


Figura 38: Simulação do Exemplo 4 do Capítulo 3 (traço 2-5)

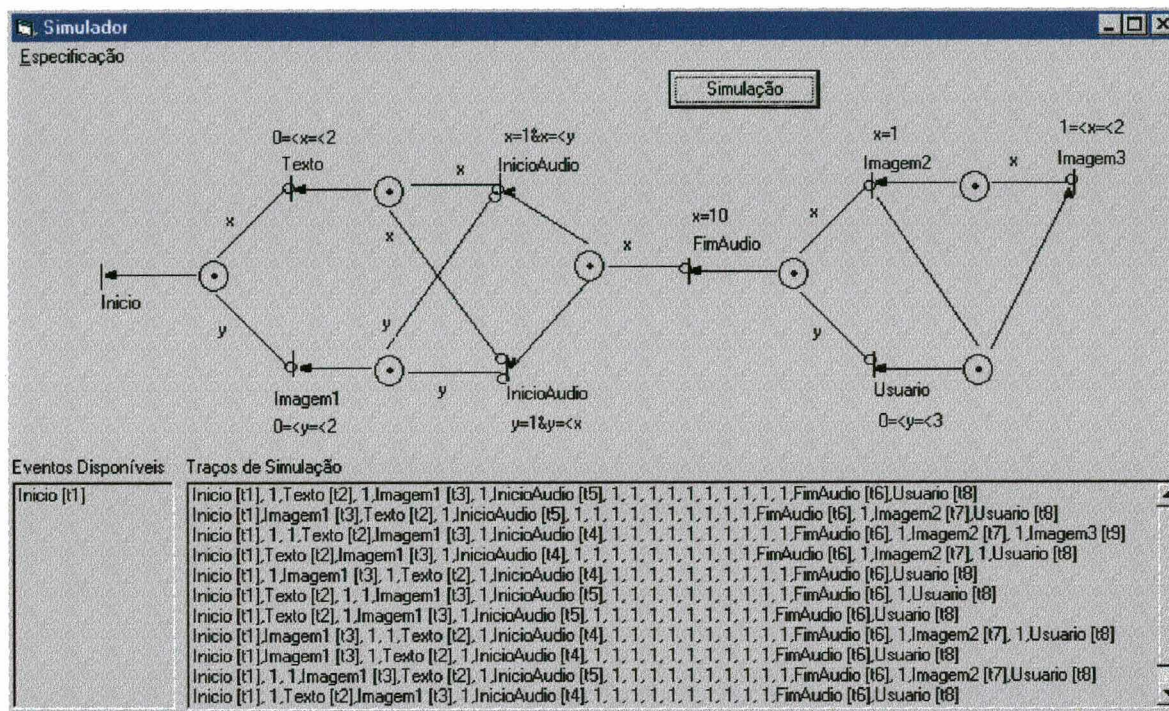


Figura 39: Simulação do Exemplo 4 do Capítulo 3 (vários traços)

4.4 Sobre a realização

O editor e o simulador foram realizados utilizando a linguagem *Visual Basic 5.0* da *Microsoft* [20] com bases de dados *Access*. Esta opção foi feita levando-se em conta que *Visual Basic 5.0* é uma linguagem que apresenta facilidades para manipulação de entradas gráficas minimizando o tempo de desenvolvimento das ferramentas.

O esquema de edição e simulação realizado nas ferramentas é apresentado na Figura 40. Primeiramente, o usuário edita a especificação gráfica que é armazenada em duas bases de dados: uma com informações gráficas e outra com a definição formal da rede contextual temporizada. O simulador, representado pelo octógono tracejado, é composto por vários módulos. Um módulo é responsável pela interpretação das informações gráficas para a reconstrução e simulação da rede. Outro módulo é responsável pela geração do sistema de transição temporizado com base na definição formal. Este módulo averigua as transições habilitadas e a passagem do tempo. O terceiro e último módulo, denominado

máquina de simulação, gerencia os demais, faz a interface do simulador com o usuário e armazena os traços de simulação em uma base de dados.

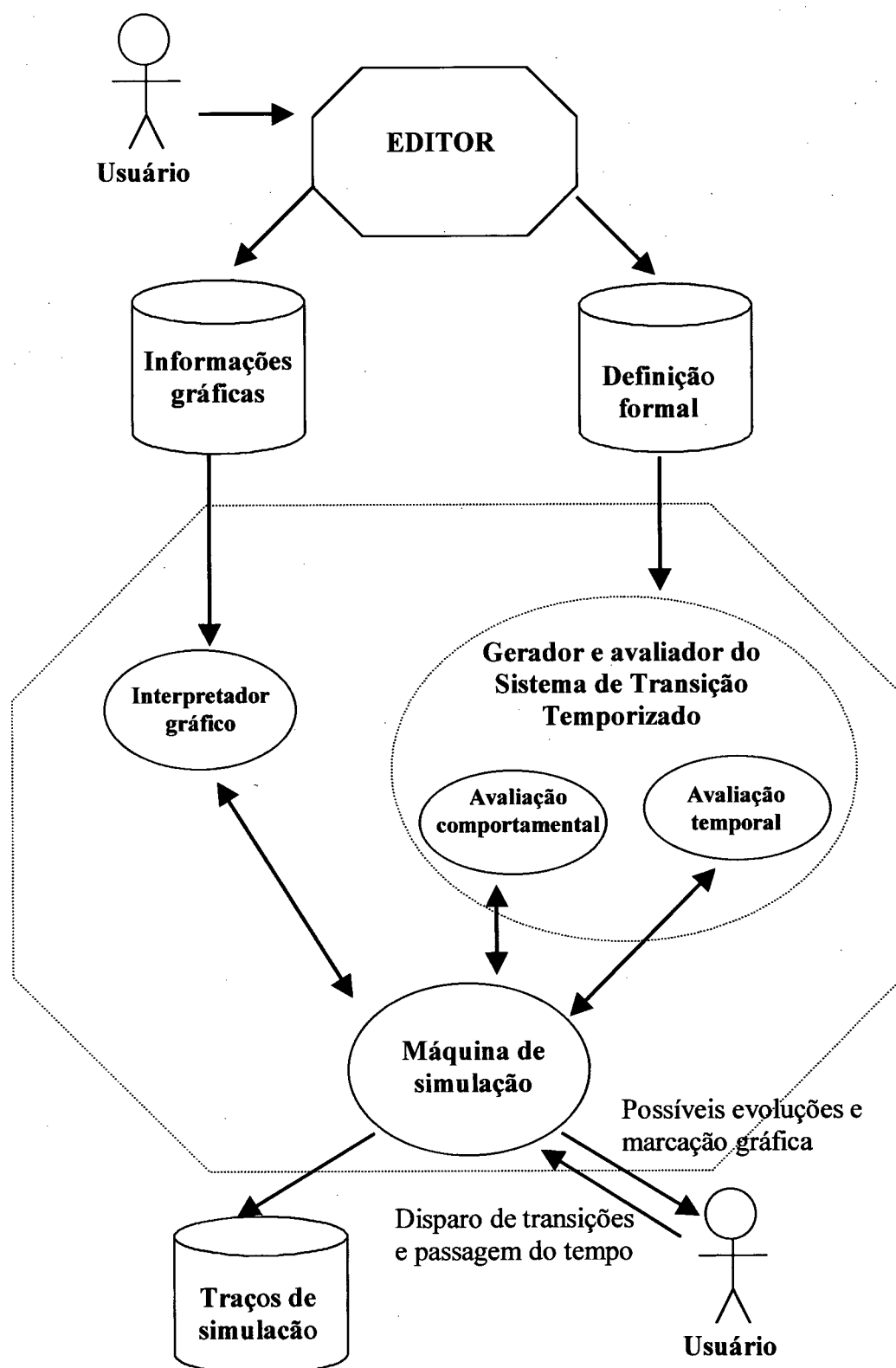


Figura 40: Esquema de edição e simulação

4.5 Conclusões

A ferramenta desenvolvida permite a simulação de uma apresentação multimídia interativa editada graficamente e definida em termos de redes contextuais temporizadas. A realização da simulação é interativa e de acordo com a semântica operacional definida para as redes contextuais temporizadas. O usuário tem a opção de disparar um dos eventos disponíveis ou efetuar a passagem de tempo. Após cada interação, o sistema modifica o estado da especificação e apresenta ao usuário quais as evoluções possíveis.

Um bom número de exemplos significativos (incluindo os que foram apresentados nesta dissertação) foram simulados utilizando essa ferramenta. Observou-se que as redes contextuais temporizadas se adaptam bem a este ambiente de desenvolvimento visual.

As ferramentas desenvolvidas apresentam algumas deficiências e omissões que serão corrigidas oportunamente. Entre elas pode-se citar:

- Editor gráfico
 - Capacidade de criar formas geométricas como curvas e polígonos complexos facilitando os desenhos dos arcos.
 - Capacidade de voltar com o recurso *undo*, permitindo tentar novamente. No editor desenvolvido esta capacidade só é oferecida em algumas situações.
 - Possibilitar a edição (alteração) da rede após a mesma ter sido finalizada.
- Simulador
 - Possibilitar a simulação automática.
 - Permitir o retrocesso em traços de simulação.

5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

No capítulo 2, foram apresentados conceitos básicos relacionados a descrição de apresentações multimídia interativas. Em particular, a complexidade associada ao problema da sincronização de mídia. Para ilustrar a problemática envolvida, dois modelos existentes dirigidos à especificação formal do comportamento de apresentações multimídia interativas foram apresentados: o primeiro baseado em redes de Petri interpretadas e o segundo utilizando a álgebra de processos RT-LOTOS.

A seguir, no capítulo 3, introduziu-se um modelo de descrição formal baseado em redes contextuais. O modelo proposto permite a descrição do comportamento concorrente, da sincronização de mídia e da interação do usuário. As restrições temporais sobre o disparo de transições são introduzidas no modelo a partir de um mecanismo que associa a cada lugar uma espécie de relógio que é inicializado no momento em que uma transição associada ao lugar por um arco de consumo é disparada. O modelo resultante foi chamado de *redes contextuais temporizadas*. Uma série de exemplos ilustram a utilização do modelo para descrição do comportamento de apresentações multimídia interativas.

No capítulo 4, foi apresentada uma ferramenta para edição e simulação de redes contextuais temporizadas. A simulação baseia-se na semântica operacional que foi proposta no Capítulo 3 para as redes contextuais temporizadas. Apresentou-se um exemplo completo de utilização desta ferramenta.

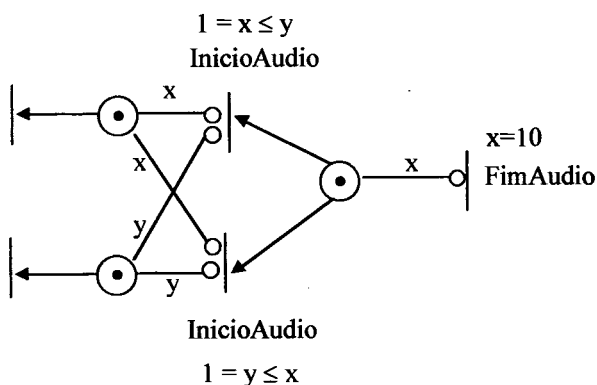
No modelo proposto, cada transição representa um evento que pode ocorrer durante a evolução do sistema. O disparo da transição determina a ocorrência do evento. O

comportamento de uma apresentação multimídia interativa é visto simplesmente como um conjunto de eventos ocorrendo no tempo e no espaço. Por exemplo, o início e o fim de um áudio em concorrência (no espaço) com a apresentação de uma imagem.

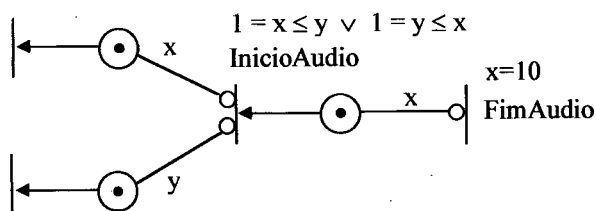
O comportamento concorrente do sistema, inclusive as situações de conflito, é descrito por meio de duas relações entre lugares e transições: a relação então (descrita por arcos “—o”) e a relação enquanto-não (descrita por arcos “—”). Em particular, vimos como a utilização de arcos enquanto-não simplificam a descrição do comportamento de apresentações multimídia interativas.

Esquemas de sincronização de mídia são descritos através do mecanismo associado aos predicados de restrição temporal. Este mecanismo permite estabelecer o intervalo temporal dentro do qual uma transição é disparada em função das datas de disparos de outras transições. A título de comparação, nas redes de Petri temporais [3, 10] o intervalo temporal é definido apenas em função da data de habilitação da transição. A sincronização de mídia surge então pela imposição de um intervalo temporal comum a um grupo de transições. Por exemplo, as transições *Texto* e *Imagem1* da Figura 21 do Capítulo 3.

Na proposta desenvolvida neste trabalho, os predicados de restrição temporal são apenas conjunções sobre predicados atômicos da forma $a \leq b$. Entretanto, outros operadores da álgebra Booleana poderão também ser utilizados neste propósito. Por exemplo, a ocorrência do evento *InicioAudio* do Exemplo 4 do Capítulo 3 (Figura 21) é determinada pelo disparo de duas transições em conflito:



Essa situação pode ser descrita de forma simplificada utilizando disjunção (operador “ \vee ”) da seguinte forma:



Intuitivamente, cada componente da disjunção é avaliado sobre uma *cópia* da transição. O evento associado a transição poderá ocorrer se houver a possibilidade do disparo de pelo menos uma das cópias. Esse exemplo ilustra bem a necessidade de estudarmos a expressividade dos predicados de restrição temporal com mais profundidade.

O estudo desenvolvido neste trabalho apresenta duas omissões importantes. Uma delas é o tratamento de arcos de produção para possibilitar a descrição de ciclos em apresentações multimídia, já discutido na conclusão do Capítulo 3. A outra é a hierarquização do desenho de uma apresentação multimídia. Foi visto no Capítulo 2 que a hierarquização do desenho é uma característica comum a muitos modelos de descrição de apresentações multimídia, entre estes o modelo HTSPN. No caso das redes contextuais temporizadas, supõe-se que este tipo de capacidade pode ser obtido por intermédio de refinamento de transições. Portanto, no estado atual, pode-se comparar o modelo desenvolvido com o modelo *Time Stream Petri Nets* (TSPN) [7] que não possui hierarquização do desenho. Tanto o tratamento de arcos de produção quanto o problema da hierarquização do desenho integram o rol de propostas de continuação do trabalho.

Por último, a verificação do comportamento em termos de sistemas de transições temporizados ao mesmo tempo que herda uma série de métodos e técnicas já desenvolvidos (bissimulação, lógica temporal, etc) herda também os seus problemas. Em particular, o problema da explosão de estados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ATES, A. F., Et Al. Using timed CSP for specification verification and simulation of multimedia synchronization. IEEE Journal, on selected areas in communications, vol. 14, num. 1, pag. 126-137, jan. 1996.
- [2] BLAKOWSKI, G. & STEINMETZ, R. A media synchronization survey: reference model, specification , and case studies. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 14, num. 1, pag. 5-35, jan. 1996.
- [3] BERTHOMIEU, B. & DIAZ, M. Modeling and verification of time dependant distributed systems using time Petri nets. IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 17, num 3., pag. 259-273, mar. 1991.
- [4] CAMARGO, M.S. de. & FARINES, J.-M. Tornando a linguagem LOTOS apta para especificar sistemas tempo real. Anais do 12º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Curitiba, mai. 1994.
- [5] COURTIAT, J.-P. & OLIVEIRA, De R.C. Proving temporal consistency in a new multimedia synchronization model, ACM Multimedia'96, Boston, nov. 1996.

- [6] COURTIAT, J.-P., et al. *A General-purpose Multimedia Synchronization Mechanism based on Causal Relations*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol 14, num. 1, pag. 185-195, jan. 1996.
- [7] DIAZ, M. , SÉNAC. P. *Time streams Petri nets, a model for multimedia streams synchronization*. In proc. of the First International Conference on Multimedia Modelling - Vol. 1, Singapore, World Scientific, pag. 257-273, nov, 1993.
- [8] GUNAWARDENA, J. *Geometric Logic, causality and event structures*, Concur'91,LNCS, pag. 266-280, 1991.
- [9] HAINDL, M. *Multimedia synchronization*. CWI - Centrum voor Wiskunde en Informatica, Report Rapport. Computer Science/ Department of Interactive Systems. CS-R9538 1995. Available at : <http://www.cwi.nl/cwi/publications/#IS>
- [10] MERLIN, P.M. & FABER, D.J. Recoverability of communication protocols, implication of a theoretical approach. IEEE Transaction on Communication, set. 1976.
- [11] MILNER, R. *Communication and Concurrency*. Prentice-Hall, 1989.
- [12] MONTANARI, U. & ROSSI, F. *Contextual Nets*. Acta informática, vol. 32, 1995.
- [13] MURATA, T. *Petri nets: properties, analysis and applications*. Proceedings of the IEEE, v.77, n.4, pag. 541-580, apr.1989.
- [14] NICOLLIN, X. & SIFAKIS, J. *Overview and synthesis on timed process algebras*. Work supported by the ESPRIT BRA SPEC, Laboratoire de Génie Informatique - IMAG-campus - France, pag. 376 – 398, 1991.
- [15] SÉNAC, P., et al. *Hierarchical Time Stream Petri Nets: a model for hypermedia systems*. 16th International Conference on Application and Theory of Petri Nets, pag. 451-470, Springer, 1995.
- [16] SOUZA, W. L. de & FARINES, J. -M. & ALMEIDA, M. J. B. & PIRES, L. F., CAMARGO, M. S. de & COSTA, R. J. C. da & WILLRICH, R. *Design de*

Aplicações Multimídia Distribuídas (DAMD). Documento do projeto DAMD suportado pelo CNPQ programa ProTeM-CC fase III, 1997.

- [17] VAUGHAN, T. Multimídia na Prática. São Paulo: Makron Book, pag. 261-263, 1994.
- [18] VAZIRGIANNIS, M. & HATZOPOULOS, M. A script based approach for interactive multimedia applications. Proceedings of the First International Conference on Multi-Media Modeling – Vol.1, pag. 129-143, nov. 1993.
- [19] VICKERS, S. Topology via Logic, volume 5 of Cambridge Tracts in Theoretical Computer Science. Cambridge University Press, 1989.
- [20] *Visual Basic* Guia do Programador, Versão 5.0. Microsoft Corporation, copyright 1991-1997.
- [21] WILLRICH, R. & SAQUI-SANNES, de P. Concepção Formal de Aplicações Multimídia Java. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores - SBRC'97, pag. 135-149, 1997.
- [22] YI, Wang. Real-Time Behaviour of Asynchronous Agents. Concur'89, pag. 502-520, 1989.
- [23] WAHL, T. & ROTHERMEL, K. Representing Time in Multimedia Systems. In proc. of the International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS'94), pag. 538-543, Boston, 1994.